

ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS DE MONTES

---

ESTUDIO

sobre posibilidad y procedimientos  
de fabricación de aglomerados  
de carbon vegetal en España

---

Alumno

CURSO 1943-44

José López Perez Cuesta





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



0700194751

59

N. 1

ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS DE MONTES

ESTUDIO SOBRE

"POSIBILIDAD Y PROCEDIMIENTOS DE FABRICACION DE"

"AGLOMERADOS DE CARBON VEGETAL EN ESPAÑA"

R- 59



Alumno:

Curso 1943 - 44

José López Pérez Cuesta.



MEMORIA EXPOSITIVA  
=====



## MEMORIA EXPOSITIVA

=====

Para la realización del presente trabajo, hemos procurado seguir una norma de conducta que, persiguiendo primordialmente la finalidad que lo motivó, salváse, en lo posible, las dos dificultades esenciales que se nos presentaban desde el primer momento que de él nos ocupamos.

Estas dificultades eran, por un lado la total carencia de trabajos sobre aglomeración de carbón vegetal en España, que nos diesen elementos de juicio con los que orientarnos en tan complejo problema y permitiesen, al mismo tiempo, una mayor rapidez investigadora al situarnos, desde el primer momento y de lleno, en los caminos que por tal terreno se desarrollan. Esta dificultad tenía que solventarse recurriendo a la consulta de obras editadas más allá de nuestras fronteras, recurso que no siempre había de darnos el resultado conveniente, ya que, además de estar el problema de la aglomeración del carbón vegetal poco estudiado universalmente, las condiciones tan particulares que en nuestro país le caracterizan, hacían inadecuadas las soluciones propuestas e incluso logradas.

La otra dificultad que habíamos de vencer para llegar



a resultados completos, que traducidos en datos nos permitiesen asignar un carácter práctico a las experiencias realizadas, era el escaso tiempo disponible que nos fué concedido, dificultad que solamente podía resolverse en el caso fortuito de que nuestro buceamiento a través de la escasa bibliografía que del problema de la aglomeración se ocupa, tropezase desde el primer momento con datos suficientes, que unidos a los conocimientos necesarios que para la resolución del problema íbamos adquiriendo, nos permitiesen realizar aquellas en forma conveniente.

Conscientes del difícil camino que teníamos que recorrer y ayudados en todo momento por una voluntad decidida y firme, hemos realizado nuestra labor conforme a lo que juzgábamos más conveniente y necesario, cual es la recopilación ordenada y completa de cuanto hasta la actualidad se ha realizado en este problema, complementada esta exposición con los resultados prácticos que hemos encontrado.

La segunda dificultad que hemos indicado, no nos fué posible vencerla de un modo absoluto, pero a la vista de la labor realizada y que se desarrolla en los capítulos que siguen, creemos lógico reconocerla un carácter práctico de orientación que se traducirá, si se realizan nuevas investigaciones, en un ahorro preciado de tiempo. Investigaciones que nos permitimos indicar deben realizarse, ya que, además de la indiscutible importancia que para España tiene el problema de la aglomeración, las consecuencias prácticas encontradas con el presente trabajo así lo aconsejan.



Deducimos, por tanto, de nuestro trabajo y de un modo primordial, la necesidad de realizar nuevos estudios en forma adecuada que permitan sacar consecuencias prácticas definitivas, incluso en el aspecto económico, no solamente a base de los resultados que en el desarrollo de nuestra labor hemos encontrado, sino también con nuevos elementos y medios, cuyo empleo está sobradamente justificado, dado el interés nacional que el problema de la aglomeración del carbón vegetal lleva consigo, que supera, evidentemente, hasta anularle al de un trabajo de fin de carrera.

Antes de terminar esta memoria, deseo expresar al Ilmo Sr. Director del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, y de un modo especial al Jefe y personal a sus órdenes del Laboratorio de Química de dicho Instituto, mi gratitud por la valiosa y desinteresada ayuda prestada, que hizo posible la realización del presente trabajo.

**UTILIDAD DE LA AGLOMERACION**  
**=====**

CON LA AYUDA DE LA COMISIÓN DE LA AGLOMERACION, EN LA CUAL SE ENCUENTRA LA AGLOMERACION, EN LA CUAL SE ENCUENTRA LA AGLOMERACION.



### UTILIDAD DE LA AGLOMERACION

Las actuales circunstancias, caracterizadas por las dificultades materiales impuestas por la guerra de abastecerse de combustibles líquidos (gasolina, fuel-oil, gas oil, etc. ) en contraste o en oposición a la necesidad perentoria de mantener los servicios de transporte en el interior del país, han hecho que se busque, con todo el interés que la importancia del problema requiere, combustibles de sustitución, o dicho de otro modo, carburantes de complemento. Estos combustibles de sustitución han sido, principalmente, la madera y el carbón de madera.

Por otra parte, las instalaciones fijas de gasógenos que con un funcionamiento perfecto eran conocidas desde hace mucho tiempo, aunque inadecuadas por su volumen y complicación a su adopción en motores móviles, hizo que su fundamento fuese tomado como idea directriz para la resolución del problema. Esta tenaz labor de simplificación y perfeccionamiento, ha ido cristalizando en hechos concretos, que permiten poder considerar como resuelto el problema del gasógeno móvil, sin que esto quiera decir que los

generadores no sean susceptibles de nuevas reformas, que les hagan aumentar su rendimiento útil de trabajo.

En el estado actual de las cosas el gasógeno está, por tanto, en condiciones de resolver en gran parte la carencia de transportes, mientras duren las circunstancias que lo imponen y determinan, como se comprueba y demuestra por el uso que de él se hace.

Pero el uso del gasógeno trae aparejado otro problema, que industrialmente adquiere caracteres de urgencia en orden a su conocimiento y resolución. Nos referimos al problema del suministro del combustible adecuado, en sus dos aspectos: cantidad y calidad.

Fácilmente se comprende, que nada resuelve la determinación de un combustible apropiado, si éste no se encuentra en cantidad suficiente que haga posible la continuidad de funcionamiento y trabajo normal de los gasógenos en que se emplee, o si esa continuidad supone la desaparición de otra riqueza, cual es la de nuestras masas arbóreas.

De las numerosas experiencias y estudios hechos, con los diversos tipos de gasógenos presentados en el mercado por los industriales que dedican sus actividades a asuntos de este género, se ha llegado a la conclusión que casi todos los gasógenos, contruidos por casas de garantía, dan buen resultado y funcionan bien, permitiendo su utilización regular o normal, atribuyéndose el éxito de



una buena marcha del gasógeno al interés que el mecánico pone en su manejo y limpieza y en la calidad del combustible empleado.

El aspecto cualitativo del problema impone asimismo limitaciones a los combustibles que determinan no sean todos aptos para su utilización en los gasógenos. Por ejemplo, una humedad hasta de un 20 % en peso en la madera y de un 80 % en el carbón es conveniente, pues su descomposición enriquece la mezcla explosiva al formarse el gas de agua, pero basta un exceso de la misma para que se produzca un descenso rápido de la temperatura en la zona de oxidación (por ser reacción endotérmica la descomposición del agua) y por consiguiente no solo que ya no se verifique su descomposición, sino que además los fenómenos de reducción que requieren, como es sabido, altas temperaturas no se logren en las condiciones precisas, dando lugar a que el gas originado sea pobre en óxido de carbono al mismo tiempo que húmedo, llevando consigo que los filtros se empapen de agua y no realicen su misión u objeto depurador, o bien lo hagan en ínfimas condiciones, con la consiguiente pérdida de potencia en el motor o incluso lo que es aún peor, inutilizándole completamente por las impurezas arrastradas por el gas y no eliminadas en su trayectoria hasta el motor.

La Orden de 18 de diciembre de 1942 (Boletín Oficial del Estado de 23 de diciembre de 1942) exige para el carbón vegetal especial para gasógenos, las siguientes cuali

dades:

Humedad máxima ..... 10 %

Tamaño ..... 15 - 30 mm.

Potencia calorífica (por Kg) 6.500 a 7000 calorías.

Cenizas máximas ..... 5 %

Añadiendo que deberá proceder de las llamadas maderas duras.

Otro ejemplo, lo tenemos en que una cantidad de tierra en el carbón hace que, al sufrir temperaturas de 1400° a 1600°, la sílice se funda y se formen en el generador las tortas que tanto entorpecen (e incluso estropean) la buena utilización de los mismos.

Lo que llevamos dicho se refiere al aspecto físico de los combustibles, pero aún desde el punto de vista de su constitución y propiedades químicas existen diferencias esenciales que hacen que todos ellos no sean utilizables con rendimientos económicos, pues por ejemplo, la presencia de un tanto por ciento elevado de azufre en la mayoría de las antracitas españolas y dado que su eliminación, necesariamente de carácter químico, requiere instalaciones complicadas y de delicado manejo, inadecuadas por el espacio y cuidados que exigen, o bien la preparación previa que impliva su uso en estos menesteres (lavados), hace que no puedan utilizarse con garantía seria (aparte de otras propiedades como falta de porosidad, reactividad, etc) o que el precio que adquieren con dicha preparación sea excesivo y, en consecuencia, su utilización



como combustible de sustitución, inapropiada.

Tampoco funciona lo mismo un gasógeno que utiliza maderas duras, como roble, encina, olivo, etc que el que utiliza maderas blandas, como pino, chopo, etc. puesto que, al ser su constitución interna diferente, su composición difiere también notablemente en la proporción de humedad que contienen, poder calorífico, rapidez de combustión, porosidad, proporción de cenizas, etc. extendiéndose este mismo razonamiento al carbón obtenido o procedente de las mismas.

Aparte de estos aspectos que podemos llamar técnicos, debemos considerar también, prestándole la atención que su importancia requiere, el factor económico, el cual realiza la labor depuradora de desechar todos aquellos aspectos del problema que hacen imposible su puesta en práctica y que junto o englobado con los otros dos nos sirve para concretar lo verdaderamente útil y práctico, evitándo, por tanto, el derroche de energías y trabajo en facetas que, aparentemente, serían solución del problema que nos ocupa.

Y así, el considerar este aspecto económico en su relación con los combustibles actualmente utilizados en los gasógenos, ha conseguido o permite reducir notablemente este campo, ya que al estudiar el potencial industrial en relación con los problemas forestales existentes en la actualidad en España, el problema del combustible queda reducido al carbón vegetal por las razones

que sucintamente exponemos a continuación.

A primera vista, el empleo de la madera como combustible aparece como indiscutible, en relación con el carbón de ella obtenido, por las causas siguientes:

1º.- Se encuentra en todas partes más fácilmente que el carbón.

2º.- Su manejo es más limpio y cómodo y no se reduce a polvo al golpearle en los transportes.

3º.- Admite mayor proporción de agua en su consumo.

4º.- El gas originado se encuentra enriquecido por los que se desprenden en su destilación y descomposición de sus alquitranes.

5º.- No se presta a fáciles adulteraciones por los vendedores.

6º.- La economía que representa el que dos kilos de madera sustituyan a uno de carbón vegetal, suponiendo un rendimiento en la carbonización de un 20 %, de 600 grms de carbón.

Cómo se explica, pues, que de 4.000 camiones en circulación con gasógeno solo 100 funcionen con madera? La explicación está en las dificultades que a continuación enumeramos:

1º.- No sirve cualquier madera para su empleo en gasógenos.



22.- Necesita un desecado previo que se consigue prácticamente con un año de exposición al aire libre, ya que un desecado artificial sería demasiado costoso.

32.- Hay maderas que pueden carbonearse perfectamente y en cambio no son susceptibles de aprovechamiento directo.

42.- Su utilización no puede ser verificada en el estado en que se encuentra en el monte, pues requiere un troceado en cuadradillos, operación costosa, ya que supone el traslado de la madera al taller de aserrío y su aserrado, trabajos ambos que encarecen su precio de un modo tal que la inutiliza para su competencia con el carbón.

52.- Su volumen muy superior al del carbón, intolérable en coches de turismo.

62.- La presencia de alquitranes en el gas originado que determina el empleo de aparatos depuradores de complicada construcción y manejo.

Estos inconvenientes hacen que en España se deba dar preferencia a los gasógenos de carbón sobre los de madera. Pero lo que determina fundamentalmente la supremacía del carbón sobre la madera, son las enormes reservas que en matorrales susceptibles de carbonización y nada aptos para su empleo como leñas utilizables para gasógenos, encierran los montes españoles.

De lo anteriormente expuesto se deduce que la solu-

ción del problema planteado por las actuales circunstancias estriba en la determinación de un combustible que, a la vez que realiza con la máxima eficacia su cometido de atender a una necesidad ineludible, satisfaga ésta de un modo económico, lo que se alcanza plenamente cuando su origen se encuentra en productos que actualmente no son utilizados, o de serlo no se realiza un aprovechamiento en las condiciones más ventajosas y eficaces.

Tal como hemos expuesto el problema de los gasógenos, hemos deducido que el carbón vegetal es el combustible, de cuantos hoy se utilizan, que presenta las mejores condiciones para su adopción. Realizado este examen selectivo, vamos a proceder a un estudio comparativo de este producto con los que se obtienen de su aglomeración estudio que vamos a realizar de momento desde el punto de vista técnico y cuyo resultado, caso de ser favorable, no implicaría más que una justificación para su adopción por un lado, y por otro una ratificación de la necesidad de realizar el presente trabajo, que de todos modos realizaríamos al ser su objeto primordial meramente científico, nunca ligado, por consiguiente, a consideraciones económicas.

Vamos a proceder, pues, al estudio comparativo que hemos indicado, partiendo para ello del carbón obtenido en la destilación seca de la madera, con objeto de que si en tales condiciones queda demostrada o patente la utilidad de la aglomeración, evidentemente estará aún más in

dicada cuando el carbón que en la preparación de los aglomerados se utilice no tenga, por su tamaño, aplicación directa, como sucede con el procedente de la carbonización de los llamados desperdicios (serrín, virutas, etc) o de los matorrales que antes indicábamos.

Como es sabido, la carbonización de la madera se realiza en cuatro fases:

Primera fase: de 0° a 155° aproximadamente, llamada de deshidratación porque en ella tiene lugar la eliminación del agua de imbibición y se verifica el desaviado de la madera.

Segunda fase: de 155° a 285° aproximadamente, teniendo lugar durante su desarrollo una descomposición pirogenada de la celulosa hidrolizable que deja en libertad agua y ácido carbónico.

Tercera fase: de 285° a 420° aproximadamente, con descomposición pirogenada de la lignina que pone en libertad alcoholes, cetonas, ácidos orgánicos e hidrocarburos bajo la forma de alquitranes.

Por encima de los 420°, la lignina no da más que gases permanentes, caracterizados, principalmente, por un gran poder calorífico.

Como es lógico, cuando se somete a destilación un trozo de madera, el calor va progresando desde la periferia hacia el centro, por consiguiente las distintas fases

que hemos indicado se superponen unas con otras. Para evitar este inconveniente, la madera es sometida a destilación después de troceada convenientemente, no siendo preciso en el caso que nos ocupa, es decir, bajo el punto de vista de la obtención de carbón que después ha de aglomerarse, que esos trozos tengan un determinado calibre, ya que todas las maderas, incluso los desperdicios, pueden servir para la preparación de aglomerados, cualquiera que sea su forma y tamaño, mientras que el carbón de madera que se utiliza en gasógenos móviles debe proceder de madera calibrada a un tamaño que supone un 20% de pérdidas de la parte maderable de las copas de los árboles, a las que hay que añadir las originadas en la carbonización de esos trozos calibrados, que en números redondos reducen a un 70% el rendimiento en carbón utilizable, por su tamaño, para su empleo en gasógenos.

Partiendo, por tanto, de una madera convenientemente dividida que permita utilizar toda la procedente del monte, se la somete, en una autoclave a un calentamiento por inyección de vapor hasta una presión de 5 atmósferas con lo que se consigue elevar la temperatura a unos 155°. A continuación se hace pasar el vapor a las autoclaves siguientes, recuperándose así el calor latente por el contenido, se origina en la primera autoclave un vacío relativo, merced al cual se obtiene la madera anhidra y completamente desaviada.

Esta madera, dividida y deshidratada, se somete des-



pués en una retorta ad-hoc a la carbonización, que se realiza en dos fases: de 155° a 285° y de 285° a 420°.

La retorta, que es calentada por la periferia, está provista de una chimenea perforada que forma un pozo central. Este pozo central tiene por fin recoger los productos de la destilación engendrada por la descomposición pirogenada de la madera, que circulan por gravedad, sin que experimenten descomposición por causa de un contacto con las paredes caldeadas del hogar.

Este dispositivo permite recuperar la totalidad de los alquitranes originados por la descomposición pirogenada de la lignina, evitando, como sucede en los modelos corrientes de destilación, que se origine un craking parcial en el destilado.

El alquitran primario que de esa manera es recuperado, permite obtener de una tonelada de madera de pino, por ejemplo, 120 kilos de alquitrán anhidro, acompañado de 50 metros cúbicos de gas, mientras que por los procedimientos corrientes de destilación, no se recuperan más que 80 kilos de alquitrán y 110 metros cúbicos de gas.

Deteniendo la carbonización de la madera al alcanzar la temperatura los 420° aproximadamente, se consigue evitar que se produzca la cuarta fase que hemos descrito con lo cual se obtiene un peso en carbón superior, que contiene además 7% a 8% de materias volátiles que se desprenderán en el momento de verificarse la combustión

del carbón en el gasógeno.

En esas condiciones, una tonelada de madera de pino dará aproximadamente 260 kilos de carbón de madera y 120 kilos de alquitrán; mientras que por los procedimientos de carbonización en vaso cerrado, no se obtienen más que 250 kilos de carbón y 80 kilos de alquitrán. Variando estas cantidades, naturalmente, con la especie de madera sometida a tratamiento, pero manteniéndose siempre la proporción de productos indicada.

El alquitrán primario así obtenido constituye el aglutinante necesario para proceder a la aglutinación del carbón de madera triturado. Esta mezcla es después moldeada con la ayuda de una prensa, que en las experiencias realizadas por M Ch Barón, que son las que venimos exponiendo, era giratoria y tangencial, dando lugar a unos aglomerados de 12 gramos de peso aproximadamente, en forma de ovoides cuya sección es un triángulo curvilíneo.

La explicación, o mejor dicho, el objeto de que se adaptase para las aglomeraciones la forma que hemos indicado, está en la aplicación a que se destinaban, ya que el proceso de la combustión, desde el momento en que los ovoides no tienen más que el tamaño de un garbanzo, tiene lugar sin obstrucción de la parrilla, que entrañaría una pérdida de carga en el motor.

Se termina, como hemos descrito, la operación mediante una carbonización en vaso cerrado a la temperatura de

Hacemos constar que la forma en que se verifica esta carbonización no ha sido divulgada y juzgamos muy interesante, ya que tiene por objeto la obtención de carbón con un mínimo de desperdicios, lo que representa una elevación aproximada del 5% en el peso de los productos carbonizados obtenidos. Por otra parte, el procedimiento seguido no difiere esencialmente del que se emplea para la fabricación de antracitas artificiales.

El aglomerado fabricado con carbón procedente de madera de pino, por ejemplo, y decimos por ejemplo, ya que todas las maderas pueden emplearse sean blandas o ligeras de frondosas o resinosas, si bien las resinosas se vienen desechando generalmente para la carbonización, porque dan carbones demasiado ligeros y muy friables, cosa digna de tenerse en cuenta cuando sea el carbón mismo el que ha de constituir el combustible a quemar directamente en el gasógeno, pero en ningún momento ni bajo ningún aspecto si únicamente ese carbón ha de servir para ser aglomerado pues, como hemos explicado, esos inconvenientes desaparecen al aglomerarlo, siendo además interesante las resinosas para obtener cantidades de alquitrán que son necesarias; pues bien, el aglomerado de carbón de pino presenta las siguientes características:

#### Composición elemental:

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Carbono.....          | $\frac{\%}{94,5}$   |
| Agua.....             | 2,0                 |
| Oxígeno y azufre..... | 2,0                 |
| Cenizas.....          | $\frac{1,5}{100,0}$ |
| Total.....            | 100,0               |

Poder calorífico: 8.150 calorías.

Comparado con los otros combustibles actualmente en uso en los gasógenos, los ensayos de laboratorio han permitido establecer las conclusiones siguientes:

| Combustible empleado. | Volumen de gas engendrado por Kg.<br>(Litros) | Poder calorífico de este gas por metros cúbicos.<br>(calorías) |
|-----------------------|---|--|
| Madera                | 2.000   | 1.200 a 1.250  |
| Carbón de madera      | 4.600   | 1.200 a 1.250  |
| Aglomerado            | 5.000   | 1.250 a 1.350  |

La densidad del aglomerado es aproximadamente 1,00. Varía ligeramente con la especie de madera empleada en la carbonización (los fabricados con carbón de especies duras, son generalmente más densos que el agua) y su volumen aparente es más de tres veces menor que el del carbón de madera que ha servido para fabricarlos.

Su cohesión es tal que no origina al manipular con él ninguna clase de polvos, y golpeándolo violentamente sobre una piedra no se rompe.

Sometido a la acción directa del dardo de un soplete, no se resquebraja y cuando está al rojo blanco resiste bien los golpes.

Cuando estando incandescente se la sumerge en agua fría, se apaga y después de varias pruebas de encendido y apagado bruscos, si se le parte en dos con un cortafrías y un martillo, el corte así obtenido presenta la



misma estructura que la de un ovoide no calentado, sin ofrecer trazas de hendiduras.

A pesar de su compacidad, un ovoide encendido, dejándolo en una atmósfera en calma, continúa ardiendo hasta consumirse totalmente. Si durante el curso de esta combustión lenta se sopla la capa de ceniza que lo envuelve en virtud de su radiactividad, se comprueba claramente como se activa hasta el rojo blanco su combustión.

Esta particularidad es muy importante para evitar fallos en la marcha del gasógeno, cuando después de un cierto tiempo el fuego del aparato se reduce o cobija en un punto.

El combustible así obtenido, que no es en resumen más que el carbón de madera comprimido, pero con una densidad tres veces y media más grande que la del carbón de madera que ha servido para obtenerle, es menos friable y origina menos pérdidas en su conservación.

No es necesario aislarlo al abrigo del agua, su compacidad le preserva de los inconvenientes de higroscopicidad que presenta el carbón de madera.

Puede almacenarse en cualquier parte, incluso, momentaneamente, sobre el agua.

La friabilidad, la higroscopicidad y el volumen del carbón de madera, quedan, por consiguiente, suprimidos.

Los ensayos realizados por Ch. Baron para la deter-

minación del consumo de aglomerados por los gasógenos, efectuados con el mismo vehículo y en las mismas condiciones de utilización desde todos los puntos de vista, dieron el resultado medio siguiente:

| Naturaleza del combustible.                           | Consumo por 100 Km.<br>(Kilos) | Rendimiento.<br>(vel. media alcanzada sobre el circuito de Montlhery)<br>(Kilometros) |
|---|--------------------------------|---|
| <hr/>   | <hr/>                          | <hr/>   |
| Carbón de madera de buena calidad y seleccionado..... | 53.....                        | 34,500  |
| Aglomerado.....                                       | 36.....                        | 36,750  |

lo que representa un consumo de 31 por ciento en menos a favor del aglomerado.

En realidad, esta proporción en favor del aglomerado es mucho mayor. En efecto, con el carbón de madera existen pérdidas inevitables, en proporción considerable, a medida que el carbón desciende en calidad. Con el aglomerado las pérdidas son nulas en ese concepto.

Esto lo confirman los ensayos realizados con un camión Panhard, tipo K 35, de 3,5 toneladas de carga útil, efectuados durante dos meses y en diferentes condiciones de utilización, con un recorrido total de 4.000 Km. y con un consumo rigurosamente controlado, de 1346 Kgs. de aglomerados, o sea, un consumo práctico de 33,6 Kg de aglomerados por 100 Kgs. incluyendo el consumido en el encendido, en el tiempo de funcionamiento a camión parado, en las diversas maniobras y en todas las demás causas suplementarias.

En circunstancias idénticas, el mismo vehículo consumió un mínimo de 60 Kgs de carbón de madera de calidad normal, lo que representa un 44% de consumo en menos y a favor del aglomerado.

Los ensayos realizados por Ch. Barón para determinar el radio de acción de los vehículos con gasógeno alimentado con aglomerados, han demostrado, por una parte, que el gasógeno contiene o lleva, en igualdad de volumen, un peso tres veces mayor de aglomerados que de carbón de madera, y por otra parte, disminuye el consumo en un 30% a un 50%, con lo que el radio de acción del vehículo, solamente con la carga que admite el gasógeno, se quintuplica.

Las siguientes pruebas realizadas con un camión Panhard, tipo K 35, de 3,5 toneladas de carga útil y utilizando como combustible únicamente el que sea capaz de albergar la tobera del gasógeno (unos 170 kgs), pruebas efectuadas en largos itinerarios, es decir: no sobre un circuito especialmente elegido, dieron los siguientes resultados:

Con un peso total de 6 toneladas, a la velocidad máxima normal del vehículo, en un recorrido de 529 kilómetros efectuado a una media horaria de 40 kilómetros por hora, incluyendo las paradas, además de una parada de hora y media.

El gasógeno funcionó:

en marcha efectiva .....13 horas  
 a coche parado ..... 1,5 "  
 o sea, en total..... 14,5 horas

Con un peso total de 5630 kilos, con combustión len  
 ta y una serie de paradas frecuentes (con el fin de si-  
 mular una marcha en convoy) fueron recorridos 536 kiló-  
 metros, a una velocidad media de 22,800 kilómetros por  
 hora.

El gasógeno funcionó:

en marcha efectiva ..... 22,62 horas  
 a coche parado ..... 5,00 "  
 o sea, en total..... 27,62 horas

Utilizando un peso total de 5,5 toneladas aproxima-  
 damente, en cinco salidas y efectuadas en dos días conse-  
 cutivos, con encendido normal del gasógeno, se recorrie-  
 ron 569 kilómetros, a una velocidad media de 37 kilóme-  
 tros por hora.

El gasógeno estuvo funcionando:

en marcha efectiva ..... 15,33 horas  
 a coche parado ..... 2,00 "  
 o sea, en total ..... 17,33 horas

En resumen, los ensayos que hemos expuesto nos in-  
 dican que con cuatro sacos de 50 kilos de aglomerados, o  
 con un gasógeno cuya tolva sea capaz de contener unos  
 200 kilos de aglomerados, el radio de acción de un ca-  
 mión de 3,5 toneladas de carga útil, es de 1000 kilóme-  
 tros. Hay que tener en cuenta, además, que solamente son  
 necesarios quince minutos desde la carga de la tobera  
 del gasógeno hasta que éste permite el funcionamiento  
 del vehículo con velocidad normal.



Puede evaluarse en cincuenta y cinco el número de horas que transcurren sin necesidad de tener que limpiar de cenizas la parrilla del hogar, 42 de ellas en marcha efectiva y 13 a coche parado. Por último, después de un recorrido de 1.500 kilómetros, se sacaron únicamente 1,7 kgs. de polvo de los filtros intercalados entre el gasógeno y el motor.

De todas estas consideraciones prácticas que hemos expuesto, se deduce que para un mismo recorrido puede reemplazarse un litro de gasolina por 2,3 kgs de carbón de madera o por 1 kg. de aglomerados. Ello nos indica de una manera bien patente el interés y la utilidad de este último producto, máxime si se tiene en cuenta que su densidad aparente es aproximadamente cuatro veces mayor que la del carbón de madera, puesto que, para la misma capacidad de la tobera, equivale a cuadruplicar el radio de acción del vehículo.

El interés que para la resolución del problema de los transportes, creado por las actuales circunstancias presentan los aglomerados, queda bien manifiesto en el presente capítulo de nuestro trabajo. Si a ello se une que su fabricación, tal como la hemos enfocado, lleva consigo la explotación de una riqueza que hoy permanece inactiva y muerta, cual es la carbonización de todos los matorrales que cubren gran parte de nuestro suelo forestal, la utilidad de la aglomeración, queda suficientemente demostrada.

PRACTICA DE LA AGLOMERACION  
=====

- APARATOS NECESARIOS -  
=====

## PRÁCTICA DE LA AGLOMERACIÓN

### - APARATOS NECESARIOS -

Vamos a examinar sucesivamente los aparatos de que se compone una fábrica de aglomerados. La naturaleza y el número de estos aparatos, depende, naturalmente, de la calidad y de la importancia del tonelaje de los combustibles tratados en cada fábrica.

De un modo general, una fábrica de aglomerados comprende los aparatos siguientes:

1.- Una trituradora de carbón, cuando los carbones no tienen el grado de finura necesario para ser introducidos, tal como se encuentran, en los aparatos mezcladores. Si por el contrario, la fábrica se provee de carbón ya convenientemente dividido, la trituradora es inútil, pero en su lugar deben instalarse aparatos de secado, puesto que los polvos de carbón que salen de los lavaderos, tienen siempre un grado más excesivo de humedad, para ser empleados directamente en la fabricación.

2.- Según que se utilicen en la fábrica aglomerantes secos o fundidos, habrán de existir un triturador de aglomerantes o calderas para la fusión de estos.

3.- La dosificación de la mezcla de carbón y aglomerante debe efectuarse con mucho cuidado, por medio de aparatos de medida.

4.- El carbón y el aglomerante, una vez preparados y dosificados, deben mezclarse íntimamente y, esta mezcla, puesta a la temperatura deseada, lo que se consigue por medio de mezcladores y de aparatos de calefacción.

5.- La mezcla es después sometida a la acción de la prensa. Existe un gran número de modelos de prensas, que examinaremos después, indicando sus ventajas y sus inconvenientes.

6.- Son necesarias también, para el transporte con el mínimo de gastos, una serie de aparatos establecidos a diversos niveles, así como una tela sin fin, o sistema análogo, que recoja, a la salida de la prensa, los aglomerados fabricados, de la cual pasan a los vagones de carga o al almacén de fábrica.

7.- Indicaremos también algo sobre la fuerza motriz necesaria para el funcionamiento de los aparatos, así como sobre los generadores de vapor necesario para la calefacción de los aparatos que la requieren.

Veamos ahora cada uno de estos conceptos.



TRITURACION DEL CARBÓN  
=====

## TRITURACIÓN DEL CARBÓN

La trituración del carbón es necesaria por los dos motivos siguientes:

- a) Para reducir los trozos a una dimensión conveniente.
- b) Para asegurar una mezcla perfecta del carbón y de la substancia aglomerante que se utilice.

Cuanto más fino sea el carbón, mayor deberá ser la cantidad de aglomerante necesaria para obtener aglomerados que presenten una cohesión suficiente. Es evidente que con un carbón muy finamente pulverizado y con mucha cantidad de aglomerante, se obtendrán aglomerados muy resistentes, pero resultarán a un precio de venta muy elevado, ya que, por ejemplo, para aglomerar en buenas condiciones polvos de carbón previamente lavados, se requiere, por lo menos, un 20 % de brea. Se debe, por consiguiente, limitar en cierta medida, el grado de pulverización del carbón y además, tener en cuenta el grado de resistencia de las partículas de carbón que se someten en la aglomeración a la influencia de presiones elevadas. Por otra parte, cuanto más grueso es el carbón, menor es la superficie total de las partículas que es necesario recubrir. Se obtendrán, por consiguiente, buenos resultados empleando un carbón que contenga granos de un cierto tamaño y una cantidad de polvo suficiente para llenar, tan completamente como sea posible, los intersticios dejados o existentes entre aquellos. Se puede admitir, de un modo general, que, pa-

ra carbones duros, las mejores condiciones de fabricación co-  
rresponden a un grado de división tal que el peso de la uni-  
dad de volumen sea máximo. Cuando se trata por el contrario  
de carbones blandos, es necesario emplear granos bastante pe-  
queños, para que tengan una resistencia suficiente. Por consi-  
guiente, es necesario triturar todos los carbones blandos des-  
tinados a la aglomeración que quedan sobre una criba cuyas ma-  
llas sean iguales o superiores a ocho milímetros.

En la trituración, lo verdaderamente importante es no ha-  
cer un trabajo inútil, es decir, no romper los granos sólidos  
que hubieran resistido perfectamente la compresión en los mol-  
des. El objeto de la trituración debe ser dar a las partícu-  
las de carbón un volumen que les asegure, a falta de resisten-  
cia máxima a la rotura, una resistencia a la compresión supe-  
rior a la presión que han de soportar en los moldes.

Los aparatos destinados a triturar o moler productos du-  
ros, están fundados en la acción física de fuerzas de presión  
, percusión, choque, ruptura, flexión, raspadura, frotamiento,  
análogas, por ejemplo, a las de masticación de los animales,  
los rompenueces, o los molinillos de café. Según el grado de  
desmenuzamiento que quiera conseguirse, se dividen las máqui-  
nas correspondientes en tres clases, sin que haya límites pre-  
cisos entre ellas. Es conveniente casi siempre hacer el desme-  
nuzamiento de un modo gradual; por ejemplo, mediante un que-  
brantador se obtienen primero porciones del tamaño de nueces,  
se pasa a continuación, mediante una trituradora, a obtener

una sémola y esta se convierte, por último, en polvo fino. El esfuerzo que de las máquinas de desmenuzar se exige es muchas veces considerable y, en concordancia sus piezas capitales son de fundición dura, fundición de acero o acero duro. Las casa que se dedican a la construcción de estas máquinas aconsejan y ellas mismas ensayan, para encontrar las más adecuadas para el desmenuzamiento de nuevos materiales, según sus propiedades físicas de resistencia a la tracción, dureza, tenacidad, fragilidad y ruptura.

Para el buen rendimiento de una máquina trituradora es necesario una alimentación regular, asegurada mecánicamente. Las piezas más importantes de estas máquinas deben ser deq acceso cómodo y fáciles de cambiar. Se dispondrá siempre en el almacén de una reserva de las piezas más importantes.

La clasificación en tres clases, que hemos indicado, es la siguiente:

## MAQUINAS PARA DIVIDIR MATERIALES

Divisiòn en trozos  
grandes (desde 60 mm  
al tamaño de nueces)

### Quebrantadoras

1. De mandíbulas
2. Circulares
3. De rodillos
4. De martillos

Divisiòn en trozos  
de tamaño mediano  
(desde tamaño de  
nuez a sèbola)

### Trituradoras

1. Trituradoras bastas
  - a) De rodillos
  - b) De tornillo sin fin
  - c) De muelas verticales
  - d) De campana
2. Trituradoras finas
  - a) De mazos
  - b) Molinos centrífugos

Polvo fino (harinas)

### Molinos

1. Machacadoras
2. De muelas superpuestas
3. Con pivotes
4. Anulares, con rodillos
5. Pendulares
6. De bolas
7. Tubulares
8. Hùmedos
9. Coloidales
10. Vibratorios



La construcción de una máquina de desmenuzamiento está determinada: 1) por la superficie de la molienda (fija o móvil) y 2) por los cuerpos molturados.

### Quebrantadoras

En las quebrantadoras de mandíbula y en las circulares las sustancias se dividen entre una pieza móvil y otra fija. En las primeras, de trabajo periódico, la sustancia se desmenuza entre una mandíbula fija y otra con movimiento mecánico de vaivén. La trituradora circular tiene un eje dispuesto excéntricamente; trabajan sin interrupción, uniformemente y dan menos ruido y trepidación. Subiendo o bajando el cono, puede variarse la anchura del espacio que la sustancia debe atravesar. En la quebrantadora de rodillos, uno de ellos se mueve por una contramarcha, y el otro está unido al primero mediante engranajes; este último es desplazable, de manera que los dos rodillos puedan estar a distancias variables y obtener distintos tamaños de producto triturado. En las quebrantadoras de martillos hay un eje que lleva martillos de giro libre, que, al girar rápidamente el eje, se colocan radialmente gracias a la fuerza centrífuga.

### Trituradoras

El tornillo sin fin triturador consta de una caja abierta en la parte superior, provista de un enrejado de varillas y cae a través de la criba por ellas formada. Los molinos de muelas verticales funcionan rodando las dos muelas pesadas encima del plato que lleva la sustancia a moler. En los molinos de campana, los materiales se desmenuzan entre un

cono giratorio central provisto de dientes trituradores y un manto fijo que también los tiene, pudiendo variarse a voluntad la distancia entre ambos. Los molinos de cruces utilizan para la molienda la fuerza centrífuga de unos brazos golpeadores que giran rápidamente. Los molinos centrífugos (desintegradores) están formados por dos tambores que giran en sentidos opuestos y que llevan en anillos concéntricos, vástagos golpeadores. El material se desmenuza en las hileras de varillas.

### Molinos

En las machacadoras hay un martillo que con su peso desmenuza el material sobre un yunque. Los molinos de ruedas superpuestas están formados por dos piedras horizontales, redondas, que se mueven una sobre otra y reducen a polvo la sémola. Los molinos con pivotes los tienen dispuestos concéntricamente en una cubierta lateral fija y en disco que gira a gran velocidad. Los molinos, anulares con rodillos están formados de un tambor giratorio y tres rodillos molturadores pegados contra su superficie interna mediante muelles y girando con ella. En los molinos pendulares hay uno o varios rodillos colgados de varillas pendulares, como piedras de un hilo; están sometidas a un movimiento de rotación alrededor de un eje vertical de modo que, por la fuerza centrífuga, los rodillos ruedan sobre una superficie circular, desmenuzando el cuerpo entre ellos y esta superficie. El molino Griffin tiene un solo péndulo, el molino Raymond de tres a seis. En los molinos de bolas, se hace la pulverización mediante bolas.

que caen dentro de un tambor rotatorio; el material se criba dentro del mismo molino a través de rendijas que hay en el tambor. Los molinos tubulares están formados por un tambor largo con pequeñas bolas de acero o guijarros de pedernal; por el extremo superior entra el material y sale por el inferior. Hay molinos compuestos que reúnen la molturación previa y la fina; la primera se efectúa en una cámara con bolas de acero grandes; la segunda en otra cámara con cuerpos molturadores más pequeños. Los molinos tubulares y los compuestos se prestan particularmente para la molturación húmeda. En los molinos coloidales se consiguen diámetros de partículas de 0,0001 milímetros y menos; por ejemplo, en el molino centrífugo de bolas de Hildebrandt.

En los últimos años ha ganado terreno el molino vibratorio "Vibratom", en el que el cuerpo molturador, junto con el relleno (bolas de porcelana), oscila con movimiento circular, movido por un motor que da 1.450 revoluciones. La mitad aproximadamente de la energía de arrastre se transmite a la substancia a moler y a los cuerpos molturadores, transformándose en trabajo de desmenuzamiento por el golpeteo rápido y la fricción. El movimiento circular del contenido completo del molino es contrario al circular también, del productor de la vibración. El grado de finura alcanzado es de una micra.

Puede hacerse la siguiente división de los molinos: De movimiento rápido; molinos que actúan por la fuerza

de la gravedad o por resortes. El trabajo durante el vaciado es mínimo en los molinos centrífugos; y el rendimiento que en la mayor parte de estas máquinas es inferior al 1% es, por consiguiente, relativamente bueno.

También pueden formarse con las máquinas descritas dos grupos: máquinas con cuerpos molturadores cayendo unos sobre otros desordenadamente (molinos de bolas y tubulares) y máquinas con pocos cuerpos molturadores de movimientos dirigidos (todas las restantes)

Las instalaciones de molienda hechas en general a base de trabajo continuo y ocupan frecuentemente mucho espacio, sobre todo, cuando se clasifican además los productos molidos según los distintos tamaños de los trozos (mediante tamices, separadores de viento o clasificadores si la molienda fué húmeda); también se necesitan instalaciones eliminadoras de polvo, para que la atmósfera se mantenga limpia.

El esquema que adjuntamos corresponde a una instalación de molienda.

Con la operación de la molienda pueden simultanearse en el mismo molino, algunas otras operaciones fisicotécnicas y aún químicas; por ejemplo, la reacción entre el polvo, que se va obteniendo, y un líquido; la desecación del producto por una corriente de aire seco (gases de la combustión), como se hace en la industria del cemento, mientras se muelen conjuntamente la caliza y las margas, o co-

mo en la bauxita de Dalmacia, que tiene una cantidad de agua que puede alcanzar el 15 %; la mezcla con otras sustancias. La desecación y molienda simultáneas alcanzarán seguramente mayor difusión en el porvenir.

El rendimiento de los molinos, relación del trabajo útil al trabajo total empleado, es muy pequeño; el trabajo útil, que vence la cohesión, el igual al 1 % y menos todavía del trabajo total, que se consume principalmente en la deformación plástica y elástica del material, en el calentamiento del mismo, de la máquina y del aire circundante, en vencer la resistencia de cojinetes y ruedas y, finalmente, en trabajo gastado en trepidación de la máquina y su basamento.

Existen muchos aparatos de trituración, que responden a otras tantas formas y modelos, pero con resultados tan parecidos que hacen difícil una elección preferente, quedando esta, por consiguiente, sujeta únicamente, salvo casos especiales, a facilidades de adquisición o a condiciones intrínsecas de funcionamiento o de instalación.

Las que parece que van cayendo en desuso, son las trituradoras cilíndricas, debido principalmente a que es preciso instalar bastantes aparatos hasta llegar a obtener un grado de finura conveniente. La trituradora Carr efectúa rápidamente la trituración; tiene además la ventaja de realizar una mezcla perfecta del carbón, si se utilizan carbones de diferentes clases. En cambio, exige gran cantidad de fuerza motriz.



Las dimensiones de un aparato Carr empleado muy frecuentemente son las siguientes:

|   |           |
|---|-----------|
| Diámetro exterior .....                 | 1,20 m.   |
| Diámetro de la envolvente de metal..... | 1,60 "    |
| Ancho del triturador .....              | 0,30 "    |
| Ancho de la envolvente .....            | 0,46 "    |
| Diámetro del eje .....                  | 0,11 "    |
| Peso del aparato .....                  | 2.500 Kgs |

La trituradora Carr se compone de los siguientes elementos: espetones o barras de acero, dispuestos en círculos concéntricos, están remachadas sobre platillos también de acero, y sujetas en el otro extremo por medio de unos largueras de hierro forjado; constituyendo así, según el tipo de aparato, cuatro o seis discos o tambores que forman dos jaulas acopladas sobre los árboles motores. Estas jaulas encajan una en otra, de tal modo que los tambores de la primera pueden girar entre los intervalos de los tambores o discos de la segunda. Los dos árboles motores reciben, en sentido contrario uno del otro, un movimiento de rotación muy rápido, por medio de dos correas, una recta y la otra cruzada. Una envolvente de metal, fácilmente desmontable, recubre completamente el aparato.

Fácilmente se comprende el funcionamiento del aparato. La substancia a tratar es introducida de una forma continua, por medio de una tolva situada en el centro de la envolvente. Proyectada hacia el interior bajo la acción de la fuerza centrífuga, encuentra sucesivamente a los diferentes tambores que giran en sentido inverso, los cuales

la obligan a seguir un camino en zig-zag. La trituración se consigue, por una parte, merced a los golpes o choques recibidos al ponerse en contacto con los espetones o barras de acero indicadas, y por otro lado, por el frotamiento que experimentan los trozos proyectados con gran fuerza unos contra otros.

Con una trituradora Carr de 1,30 metros de diámetro y 0,38 metros de ancha, girando a una velocidad de 300 vueltas por minuto, se pueden triturar 15 toneladas en una hora. A esta velocidad, el aparato consume una fuerza motriz de 25 caballos, aproximadamente. Con trituradoras de 0,75 metros de diámetro, girando a razón de 550 vueltas por minuto, se tratan en doce horas, 70 toneladas de carbón.

La trituradora Schoeller y Vinsonneau, que se funda en un principio análogo al de la máquina Carr descrita, es como ésta un aparato que actúa por golpes. En la trituradora Carr, los órganos contra los cuales se producen los choques, son los espetones de los dos platillos móviles. En la que ahora mencionamos, son martillos que golpean a gran velocidad y al aire sobre la materia a triturar. Pretende imitar el trabajo de los picapedreros. Se amplía este trabajo, colocando varios martillos que actúan a gran velocidad. Se ha tratado de darles flexibilidad análoga a la del martillete del hombre, que se obtiene por medio de la elasticidad del movimiento del antebrazo del trabajador. Con este objeto, los martillos están articulados en el eje y tienen móvil el extremo por donde golpean.

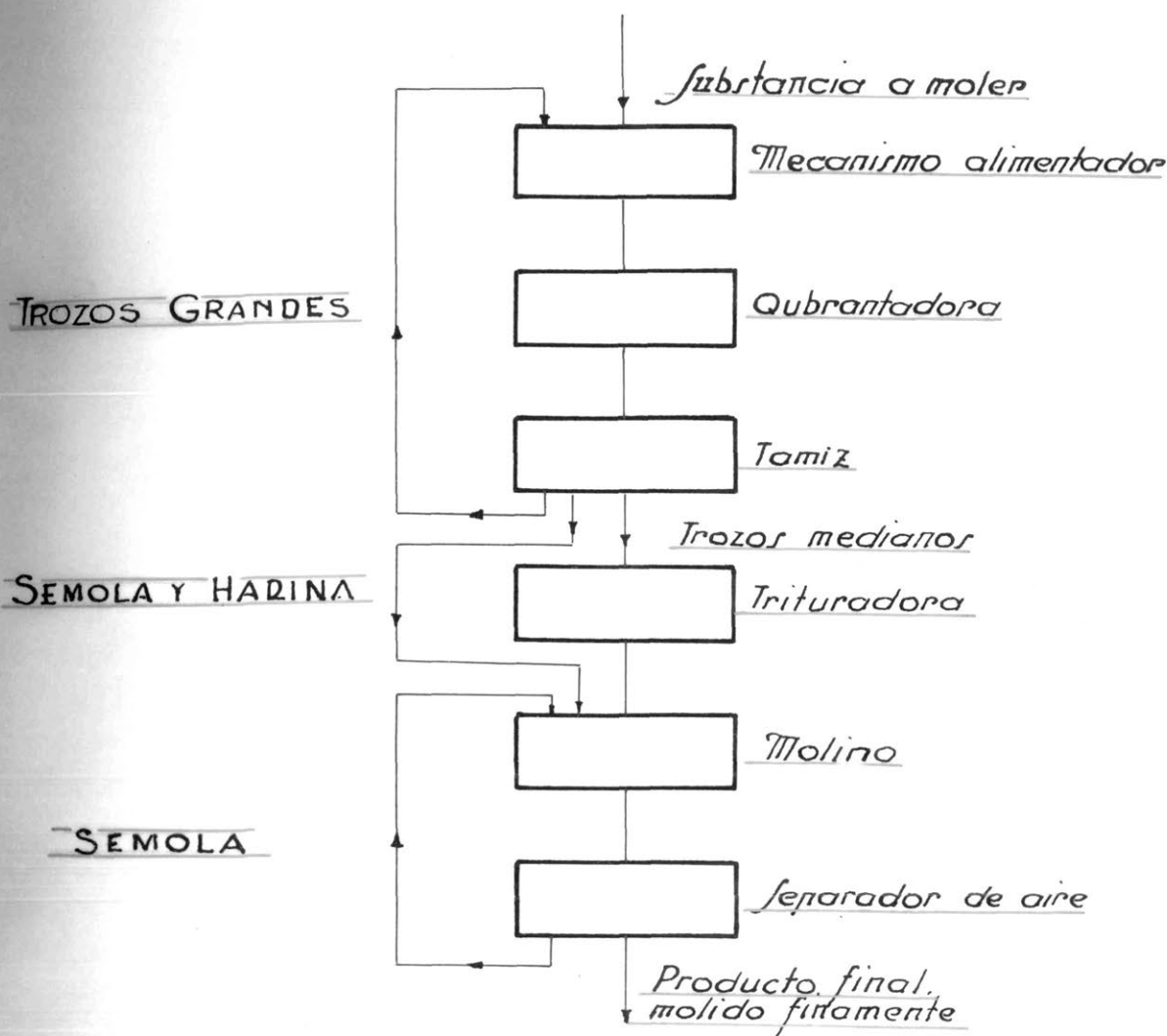
si la resistencia a vencer es grande, a causa de una acumulación de materia en la caja de la trituradora, los martillos se detienen oscilando sobre su eje. Recuperan su posición de actuación, merced a la fuerza viva debida al movimiento, una vez que las causas de resistencia han desaparecido.

El aparato gira a gran velocidad; puede dar de 800 a 1.500 vueltas por minuto, según la dureza del combustible tratado y el tamaño del grano a obtener. A esta velocidad, los martillos trituran la materia y la clasifican al mismo tiempo, separando y evacuando las partes finas hacia una parrilla o chapa clasificadora, que separa los materiales que no están aún completamente triturados para triturarlos de nuevo.

El gasto varía, además de con el número de martillos, con la velocidad de funcionamiento. Para un aparato de 4 martillos, la producción se eleva a 500 kilogramos por hora; con 8 martillos, se trituran 1.500 kilogramos en una hora; con 12 martillos, 3.000 kilogramos, y con una máquina de 16 martillos, se obtienen 6.000 kilogramos por hora. Existe también un modelo de 16 martillos, que produce 10.000 kilogramos a la hora, que representa, por tanto, una producción comparable a la de la trituradora de Carr.

Respecto al consumo de energía necesaria, una trituradora Schoeller y Vinsonneau de 16 martillos, o sea, la de mayor consumo, exige de siete a ocho caballos de fuerza motriz, mientras que, en las mismas condiciones, la trituradora Carr consume, como hemos indicado anteriormente, de veinte a veinticinco caballos.

# Esquema de una instalación de molienda



SECADO DEL CARBON  
=====



## SECA DO DEL CARBON =====

Antes de entrar en la fábrica de aglomeración propiamente dicha, el carbón debe estar perfectamente limpio y desprovisto de toda clase de materias extrañas. Cuanto más puro es el carbón, mejor es la calidad del aglomerado producido. En Gran Bretaña, por ejemplo, hasta hace unos años solo se cribaba el carbón, pero actualmente el lavado del carbón se efectúa de un modo general, máxime si se tienen en cuenta las circunstancias presentes que obligan a utilizar carbones hasta ahora fuera de toda explotación.

A causa del lavado, y después de salir de los aparatos de agotamiento, el carbón contiene siempre una cierta cantidad de agua, agua que es preciso eliminar, ya que el mayor inconveniente, para conseguir una buena aglomeración es la humedad, que en ningún caso debe exceder del 6%.

El secado es una forma particular de vaporización, en el que se trata, en nuestro caso, de separar agua. Se aplica, en particular, a sustancias en las que ya no es posible la separación mecánica de agua por prensado o centrifugación. La operación se verifica a una determinada temperatura, a la que corresponde una determinada presión de

vapor del sistema. Pasando sobre la substancia una corriente gaseosa, se satura continuamente del vapor del líquido que quiere eliminarse, hasta que queda el cuerpo sólido sin él; el fenómeno es el mismo que tiene lugar en el secado al viento de la ropa mojada. La temperatura del secado es inferior al punto de ebullición del agua. Esta puede recubrir simplemente al material o bien penetrarlo capilarmente, o ser agua de hinchamiento o de cristalización. Las principales condiciones indispensables al secado son la rápida aportación de la cantidad de calor necesaria para la evaporación y la rápida difusión de los vapores formados en el material. Los aparatos de secado varían mucho según la condición de las substancias a que se aplica: trozos, gránulos o pasta. Su forma externa depende de que trabajen de un modo continuo o por cargas y de que se calienten directa o indirectamente.

Con relación a la forma o tamaño que tenga el carbón, substancia a desecar en nuestro caso, el esquema correspondiente de los aparatos de secado que pueden emplearse es el siguiente:

#### Deleznable húmedo

Desecadores con agitación y de palas; amasador de vacío, tambor giratorio, desecador de vacío de planchas, desecador de túnel, desecador de pisos, desecador de giro rápido.

### Granuloso o pulverulento

Desecadores de paletas, de platos, de vacío con planchas, de túnel, de pisos, de tambor giratorio, desecador de giro rápido.

### Trozos gruesos

Desecadores de bandejas, de vacío de planchas, de túnel, de cinta.

### En cintas continuas

Rodillos secadores.

### Trozos moldeados

Desecadores de bandejas, de cinta.

Un desecador que funciona con gases calientes consta de los siguientes elementos: uno para la circulación del aire, otro para el calentamiento, otro para el transporte y, por último, máquinas generales y elementos de construcción. La construcción de estos distintos elementos es decisiva para el trabajo económico del aparato.

, Una desecación absoluta apenas se logra en las circunstancias usuales, sino que se establece más bien un equilibrio entre la humedad de la sustancia a secar y la contenida en el aire. El grado de desecación depende de la velocidad del aire, dirección de su corriente y temperatura de la sustancia. Estos factores influyen diferentemente en los dos fenómenos principales de la operación, la

evaporación y la difusión. También influye la calidad del propio material, en particular, si sobreviene durante el secado una contracción grande y si la superficie se hace compacta o forma costras. Se evita un~~a~~ secado demasiado rápido volviendo a la circulación una parte del aire que ha pasado ya por la substancia y se ha cargado de humedad.

El secado al aire libre y al sol es el más sencillo y barato, pudiendo utilizarse cobertizos con tablas o andamiajes.

Si las substancias tienen forma de tabletas o de trozos pueden usarse aparatos muy sencillos, en que el material se extiende sobre una especie de bandejas de hojalata, con agujeros en el fondo y en las paredes, superpuestas en soportes, de modo que entre ellas queden espacios libres. Los soportes se meten en cámaras que se cierran herméticamente y entre las bandejas se hace circular una corriente de aire.

La desecación en el vacío surgió como consecuencia de tener que verificar a veces el secado en condiciones más adecuadas, bien por ser el secado corriente demasiado lento, por necesitarse temperaturas más altas de las que las substancias pueden resistir sin alterarse o para evitar la acción oxidante del aire. El material a secar se pone en bandejas, que se colocan sobre planchas fijas, cuyo interior tiene circulando agua caliente o vapor; unas y otras están dentro de una cámara con vacío; en este caso no hay evaporación, sino ebullición del agua. De aquí

que haya dos procedimientos de secado: con aire o con vacío. En ambos puede ser igual la aportación del calor para la evaporación, pero es distinta la eliminación del vapor formado. Los desecadores de vacío son especialmente ventajosos cuando hay que evaporar y recuperar líquidos orgánicos. Las superficies de calefacción pueden ser planas o abovedadas, tubos o rodillos.

Los aparatos que responden a los procedimientos de secado indicados en los párrafos anteriores son de funcionamiento discontinuo, con el rendimiento limitado que impone esta condición. Los secaderos en forma de túnel se adaptan al trabajo continuo.

En estos secaderos de túnel, la sustancia a secar va colocada en bandejas agujereadas y éstas en vagonetas, que entran por una de las bocas del túnel y salen por la opuesta; en el interior y en toda la longitud del túnel hay calentamiento y distribución regular del aire, mediante corrientes horizontales y perpendiculares al eje mayor, producidas por ventiladores.

El secadero en forma de túnel puede trabajar continuamente o discontinuamente. El corrimiento o desplazamiento de las vagonetas puede ser a motor, o a mano (torno), cuando se trate de instalaciones pequeñas, que requieren esfuerzos de poca importancia.

La calefacción puede ser a vapor, con aire o con agua caliente. También, si la sustancia lo permite sin alterarse, pueden usarse directamente los gases del hogar.



Si el material a secar es de grano fino, el aire encuentra excesiva resistencia al paso y la difusión del vapor es pequeña; convendrá, en consecuencia, mover el material, usando los secadores de pisos o de tambor, o dividir el material adecuadamente, como sucede en las tortas de filtración compacta.

El secadera de pisos circulares trabaja del siguiente modo: Las superficies de secado tienen la forma de platos redondos, colocados unos debajo de otros, sujetos a un eje, que tiene un movimiento de rotación mediante una transmisión en su base, Los platos están divididos en segmentos separados por cortes radiales; los cortes de cada plato están algo desplazados respecto de los del anterior, de modo que debajo de un corte hay en el plato inmediato inferior un segmento útil. Durante el secado giran el eje y los platos regularmente. La substancia a secar cae sobre el plato superior en capa uniforme, regulable, de veinte a treinta milímetros de altura. Durante una vuelta se mantiene en él y poco antes de llegar debajo del mecanismo distribuidor, que lo dejó caer, pasa, mediante una disposición transportadora fija, al plato que hay debajo, donde se repite el fenómeno. Al pasar de un plato a otro hay un giro y una inversión de la capa de material. Unas cajas laterales, en número de dos o de cuatro, cuidan del calentamiento (se supone a vapor) y de la ventilación, mediante baterías calentadoras y ventiladores, distribuidos alternadamente. Así, según la altura del secadero, se forman distintas zonas con circulación de aire en sentido con

trario. Las baterías de calefacción cuidan de igualar las diferencias de temperatura que sufre el aire al pasar sobre la substancia húmeda. La entrada del aire es por la parte inferior, y la salida, por la superior; en el trayecto, en zig-zag, se va saturando de humedad. Las ventajas de este secadero son: tratamiento térmico suave de las substancias; secado uniforme; ninguna formación de polvo; pequeña potencia necesaria; eliminación de tubos en el propio espacio de secado.

Los secaderos de tambor se aplican cuando el material no se apelmaza y puede ir cayendo bien por las paredes del tambor. Los tambores son cilindros inclinados, movidos mediante rodillos, que al mismo tiempo les sirven de apoyo.

La alimentación se hace por la parte superior del tambor y la substancia seca sale por la parte más baja. El movimiento de la substancia puede favorecerse todavía mediante disposiciones a propósito (alas, etc). El calentamiento puede ser directo o indirecto, un paralelo o contracorriente, con vapor o con gases calientes. Si las substancias son sensibles al calor, el aire caliente y la substancia a secar marchan entonces en paralelo.

El secadero de tambor consta principalmente del tambor giratorio con sus anekos interiores, de una instalación de aire o de gas calientes y de los mecanismos de aspiración y de eliminación del polvo.

En el gráfico que adjuntamos se representa el curso de las temperaturas del aire caliente, que en un buen seca-

dero, calentado directamente, puede entrar a 500° y el de aquellas del material a secar; aire y material marchan en paralelo. En la primera parte de la curva superior se ve el rápido descenso de la temperatura de los gases calientes al ponerse en contacto con el producto húmedo, produciendo una fuerte evaporación.

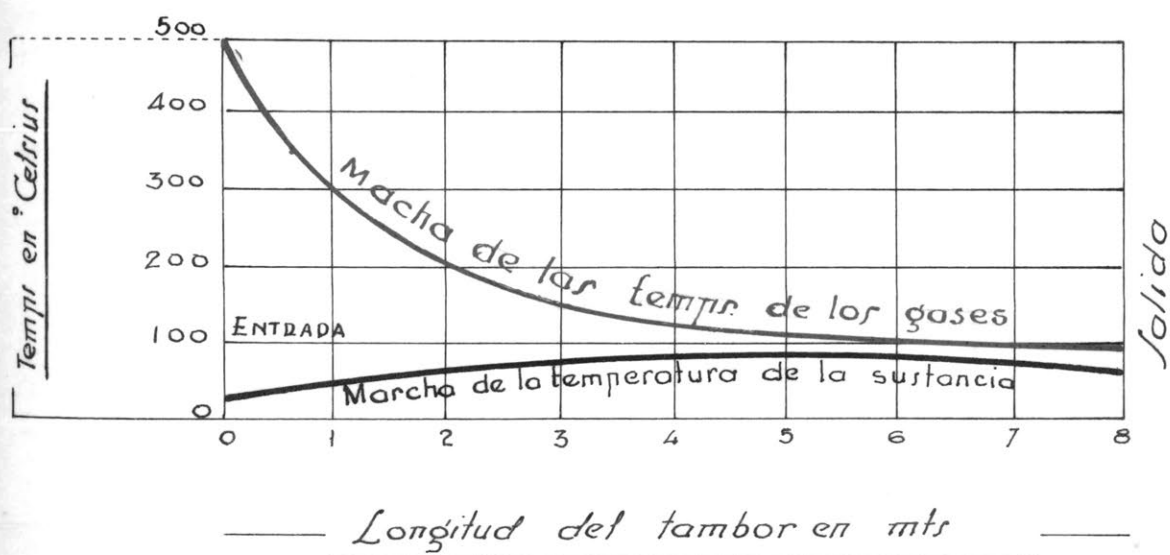
En el secadero de tambor a vapor, hay unas paletas elevadoras, fijas en la cara interior del tambor, que remueven el material a secar. En medio hay un haz de tubos calentados con vapor; en contracorriente respecto al material, circula también por el interior del tambor aire para que arrastre la humedad. Si el material forma un todo continuo, como en la industria del papel, puede pasar en zig-zag sobre rodillos huecos, calentados con vapor.

Las substancias, cuyas superficies son pegajosas, no pueden secarse en secaderos de tambor; se acude entonces a otros secaderos, en los que el material va removiéndose continuamente, pudiendo aplicárseles, además, el vacío (secaderos de artesa con palos o tornillos sin fin)

El producto a secar va colocado dentro de una artesa, agitado por un brazo con palas, que al mismo tiempo lo van empujando a lo largo de la misma. Estos aparatos trabajan de un modo continuo, si lo es la alimentación. La calefacción es exterior o mediante un haz rotatorio de tubos calentados interiormente. Puede trabajarse con una velocidad de aire muy pequeña, de modo que, ni siquiera en productos muy propensos a ello, se forme polvo.

En los secaderos de circulación rápida, el material se mueve por el interior de un tubo contra una corriente de gas caliente, encontrando en su camino ulterior una disposición de cribado; el material grueso se pulveriza en un molino y continúa secándose (molienda, secado, transporte).

# Gráfico de la marcha de las temperaturas en un secadero de tambor





A P A R A T O S M E Z C L A D O R E S  
=====

## A P A R A T O S   M E Z C L A D O R E S

Para mezclar intimamente el carbón y el aglomerante empleado, así como para calentar esta pasta a la temperatura deseada, caso de hacerse la aglomeración en caliente, se emplean diversos aparatos que se resumen en el siguiente cuadro

| Estado de agregación de las sustancias a mezclar. | M É T O D O S   |
|---|---|
| Sólido - Sólido                                   | Agitación con palas, cajas mezcladoras, saco mezclador, plato distribuidor, tambor, tambor giratorio (que puede ser de eje diagonal), molino de bolas, plato mezclador con bolas rodantes y mecanismos de desmenuzamiento, hélices mezcladoras (mezclador continuo), molino de vástagos, barril rodante.            |
| Sólido - Líquido                                  | Artesa amasadora, rodillos (máquinas de uno o de varios), molino de muelas verticales, mezclador de plato giratorio, agitación con gases, agitadores mecánicos, agitadores Dorr, pilas holandesas, saturadoras helicoidales, sacudidoras, malaxadores verticales y horizontales, hogares de calentamiento y mezcla. |

En las sustancias sólidas, lo más frecuente es hacer

la mezcla por porciones; la mezcla continua se consigue con mezcladoras cuya construcción se caracteriza por las disposiciones de transporte del material (mezcladora de tornillo sin fin) También se obtienen mezclas groseras en la caja mezcladora con superficies interiores de rebote, sobre las cuales el material va chocando al caer de arriba abajo.

La agitación necesaria para mezclar las sustancias se puede conseguir gracias al movimiento de cuerpos sólidos o de gases. La mezcla de cuerpos sólidos puede hacerse con tambores giratorios, análogamente a la mezcla de cemento y arena que se practica en la construcción. Se consigue una acción más eficaz, si el tambor tiene nervios interiores o hélices longitudinales. Los tambores mezcladores pueden ser de sección circular, cuadrangular o de mayor y cualquier número de lados, siendo ventajoso que el eje de giro ocupe una posición diagonal a la sección longitudinal del tambor. También se mezclan frecuentemente las sustancias sólidas al mismo tiempo que se muelen, en las mismas máquinas usadas para esta operación (molinos de bolas, molinos de muelas verticales, rodillos trituradores)

En las mezcladoras de paletas están éstas dispuestas sobre uno o dos ejes horizontales que se mueven dentro de un recipiente. Las mezcladoras de plato tienen una bandeja con una capa delgada de las sustancias a mezclar y unas paletas o garfios que se mueven en el material y frecuentemente en contracorriente.

Una construcción especial es la del mezclador rápido de contracorriente. Un plato circular gira en dirección opuesta a las aletas mezcladoras elásticas, cuyo eje de rotación vertical es excéntrico al centro del plato. Las paletas mezcladoras siguen caminos, anudados entre el material que les viene contrario, que se cortan continuamente; mediante raspadores interiores se logra todavía una mezcla más rápida; El giro del plato se hace por medio de un engranaje cónico.

Se puede también obtener una mezcla buena de materiales sólidos finos, inyectando aire a presión en los silos.

Los procedimientos de mezcla se fundan, por consiguiente, en la libre caída de los materiales o en el movimiento dirigido de los mismos, debiendo seguir cada partícula un camino determinado. Las partículas de distinto grueso tienden a desmezclarse en la caída libre, cosa que pasa en este movimiento pero no en el movimiento obligado, en particular si hay rodillos interiores que desmenuzan las partes gruesas. Si, además, quiere secarse el material, pueden utilizarse mezcladoras calentables, de modo que un mezclador de plato puede realizar tres operaciones: mezclar, dividir y secar.

Cuando se trata de mezclar en caliente, el procedimiento actualmente más en uso es el empleo de malaxadores, que pueden ser verticales u horizontales.

Los malaxadores verticales consisten en un cilindro metálico con una envolvente o camisa de vapor. Su diámetro

varía entre ochenta y ciento veinte centímetros y su altura puede llegar hasta tres metros. La mezcla de carbón y aglomerante, que penetra por la parte superior del aparato, es fuertemente batida y presionada hacia abajo por una serie de brazos horizontales calados sobre un árbol central que gira a razón de veinte o veinticinco vueltas por minuto. El brazo inferior debe estar muy solidamente acoplado sobre el árbol central; se encuentra a una pequeña distancia del fondo del cilindro, con el objeto de impedir que la pasta se adhiera al fondo del cilindro.

Para conseguir un calentamiento suficientemente enérgico, se inyecta directamente vapor, que puede proceder bien de calderas o bien del escape de las máquinas, por un orificio próximo al fondo, o mejor aún por varios orificios colocados a distintas alturas.

Este procedimiento de calentamiento tiene, sin embargo, el inconveniente de introducir en la pasta una considerable proporción de agua, puesto que el vapor que procede de las calderas experimenta una fuerte expansión en el momento de ponerse en contacto con la pasta y su temperatura descender a cien grados. La condensación que acompaña a la expansión hace al vapor húmedo, y este vapor se condensa parcialmente. Si los malaxadores son altos y estrechos, la proporción de agua que se añade a la pasta es del orden de un dos a un cuatro por ciento.

Teóricamente, se puede calentar una tonelada de pasta a la temperatura de cien grados empleando de cuatro a cinco kilogramos de vapor a cien grados, y la cantidad de agua



introducida no excede del medio por ciento. En la práctica se emplean hasta cincuenta kilogramos de vapor para una tonelada de pasta; se pierde, por consiguiente, un noventa por ciento del calor contenido en el vapor, y se agrega a la pasta de un dos a un cuatro por ciento de agua.

No se puede evitar este inconveniente más que haciendo uso del vapor sobrecalentado, pero es necesario entonces emplear una gran cantidad de vapor. Se necesitan cincuenta kilogramos de vapor por tonelada para que el vapor salga del malaxador saturado a doscientos grados, después de haber abandonado su calor de sobrecalentamiento.

Los recalentadores llevan generalmente un juego de serpentinas de fundición o de hierro por los cuales el vapor circula; estos serpentines son calentados por medio de un hogar especial que consume un uno por ciento de combustible. La superficie de calentamiento de los tubos, necesaria para la fabricación de una tonelada por hora, debe ser de dos metros cuadrados aproximadamente. En los recalentadores muy altos, suelen quemarse los tubos inferiores; con aparatos demasiado anchos, el combustible se utiliza mal. Se impone, por consiguiente, el empleo de un término medio.

Los recalentadores son muy empleados, pues tienen la ventaja de que aumentan muy poco la humedad de la pasta durante el paso de la misma por el malaxador; están especialmente indicados cuando se emplean carbones muy secos o poco húmedos, con objeto de no introducir en la pasta más que, si acaso, un cinco por ciento de agua. En cambio, con

carbones mojados estos aparatos son menos ventajosos, puesto que no pueden secarse suficientemente. En algunas fábricas se les utiliza como aparatos secadores, haciéndoles funcionar intermitentemente, según varía el grado higrométrico de los carbones.

Los malaxadores horizontales constan de una pila o artesa semicilíndrica, con o sin camisa de vapor, que lleva un tornillo para el transporte de la masa. El vapor es introducido a presión por toda la longitud de la artesa a través de una serie de pequeños orificios. Se calculan las dimensiones de los malaxadores horizontales de manera que la pasta permanezca en ellos durante diez minutos.

Se produce en la parte superior de los malaxadores cilíndricos una evaporación muy ventajosa; no es necesario, por tanto, cubrir la parte superior del aparato, pues se aumenta con ello, según se ha comprobado, en un uno y medio por ciento el grado de humedad de la pasta. Es también ventajoso, para secar la pasta, hacerla circular en las pilas descubiertas por medio de tornillos de transporte. Cuando se emplean carbones muy húmedos y prensas de presión instantánea, todos estos procedimientos son insuficientes y es preciso recurrir a los hogares. No obstante, se han obtenido buenos resultados con artesas horizontales muy largas, provistas de una envolvente o camisa de vapor y de un tornillo de transporte, en las cuales la pasta es al mismo tiempo calentada por el vapor y sometida a la acción de una enérgica corriente de aire suministrado por

un ventilador. La envolvente de vapor mantiene caliente la pasta, y se obtiene un secado muy eficaz.

Como hemos indicado, cuando el grado de humedad del carbón empleado es muy grande, no sirven los malaxadores corrientes, siendo preciso entontes recurrir a los hogares de calentamiento y mezcla de la pasta. Los hogares principalmente empleados son el hogar Marsais y el Hogar Bietrix.

En el hogar horizontal de sección elíptica Marsais, las partes que están en contacto directo con la llama son de ladrillos refractarios; la mezcla de carbón y del aglomerante fundido, que se introduce en cargas de setecientos a ochocientos kilogramos, es batida por paletas montadas sobre un árbol horizontal. Se empieza por calentar la pasta durante un cuarto de hora o más, según su grado de humedad, y manteniendo abierto el registro inferior que es accionado por medio de un tornillo movido mecánicamente, cae después la pasta a la tolva. Se cierra enséguida el registro y encima del mismo se dispone otra nueva carga. El calentamiento tiene lugar a la vez por la transmisión del calor a través de los ladrillos refractarios y por contacto directo con las llamas.

El hogar Marsais consume una fuerza motriz de ocho caballos aproximadamente y de combustible el siete por ~~cient~~to del peso de aglomerados obtenidos, del que un dos por ciento se consume en el hogar mismo y el cinco por ciento restante en el calentamiento de las calderas. La producción es de siete toneladas por hora aproximadamente.

El consumo de combustible varía, naturalmente, con el grado de humedad de la pasta y según el grado de desecación que se desee obtener. Reduciendo el grado de humedad de un ocho a un tres por ciento, se ahorra una cantidad de combustible que representa aproximadamente un tres por ciento del peso de los aglomerados producidos en un día. Con combustible cuyo poder calorífico sea de 6.500 calorías, el hogar Marsais utiliza un veintiseis por ciento del calor desprendido en calentar la pasta y en la vaporización del agua. Este rendimiento es mayor que el de los malaxadores de vapor, que es generalmente inferior al diez por ciento del calor gastado. Sin embargo, cuando se emplea brea seca como aglomerante, la mezcla del carbón y de la brea no es perfecta, siendo preciso mezclarlos íntimamente antes de introducir la pasta en el hogar; igualmente, si se utiliza brea fundida, hace falta calentar ligeramente el carbón y triturar cuidadosamente la mezcla antes de introducirla en el hogar.

La casa Bietrix, ha creado un tipo de hogar que no tiene los inconvenientes que acabamos de señalar.

Este hogar, de forma circular, se compone de una plataforma de forma giratoria de cuatro a seis metros de diámetro, montada sobre un árbol vertical y solidaria en su movimiento con el de la máquina de aglomerar. Esta plataforma, que gira a razón de tres a cuatro vueltas por minuto, está rodeada por una obra de mampostería que se apoya a su vez sobre una envolvente metálica, y sobre la cual descansa una bóveda en forma de casquete esférico, dejan-

de pasar por el centro a un cilindro de fundición que tiene un eje provisto de paletas. Un hogar lateral permite obtener en el interior del hogar Bietrix la temperatura necesaria para la eliminación del agua y la fusión del aglomerante.

Las llamas, después de ponerse en contacto con la superficie superior de la mezcla extendida sobre el cenicero del hogar, y de haber calentado la bóveda, que actúa en seguida por radiación, pasan por debajo del cenicero del hogar a la parte opuesta de éste por dos conductos de fundición y de ahí salen a la chimenez.

Alrededor de la envolvente del hogar hay practicadas seis aberturas. El carbón es conducido automáticamente al centro de la plataforma por medio de un tornillo de Arquímedes montado sobre el eje del tablero o plataforma giratoria. Cuatro orificios sirven para introducir unos vástagos dirigidos según el radio y provistos de picotes oganechos que remueven la materia, la baten y permiten al aglomerante fundirse y al carbón calentarse de una manera uniforme. Todas las partes de la masa son puestas sucesivamente en contacto con las llamas.

Enfrente de una quinta abertura, se encuentran dos barras, una fija y otra móvil, que, con la ayuda de cierres articulados, dispuestos como las láminas de persianas que se pueden inclinar más o menos, conducen poco a poco la materia desde el centro a la circunferencia, a la vez que la baten. Estas persianas permiten por tanto regular el espesor de la capa y el tiempo que ha de perma-



necer la mezcla sobre el cenicero del hogar.

Por medio de otro vástago, maniobrado desde fuera por un mecanismo apropiado, se conduce la materia hacia el centro, situándola en la zona de acción preferente y regulando el gasto.

La sexta abertura sirve para la salida de la pasta e convenientemente calentada y amasada.

Por último, unos topes impiden que el carbón que no sale por la abertura normal, caiga debajo del cenicero del hogar.

Las aberturas sirven también como mirillas, a través de las cuales puede seguirse y regular la marcha de la operación.

El hogar en conjunto está construido sobre una masa de mampostería, con los huecos necesarios para dejar paso al árbol y a los engranajes de acción del cenicero. Tanto el hogar como la parte superior del aparato se construyen con ladrillos refractarios.

La temperatura de los gases en el hogar varía de cien a doscientos grados, temperatura suficientemente elevada para poner el carbón al rojo si no estuviese continuamente girando y removiéndose y además, protegido por la capa de vapor que él emite. Este mismo vapor tiene también la ventaja de retener en el carbón los gases útiles.

Cuando el hogar está bien construido, la pasta debe

salir a una temperatura próxima a los noventa y cinco grados, que se muy conveniente para la aglomeración.

Un hogar con cenicero de dos metros y medio de diámetro, permite preparar tres toneladas por hora, dando la plataforma seis vueltas por minuto. El hogar de cuatro metros y el de cinco metros y medio de diámetro, dan una producción respectivamente de seis y diez toneladas por hora; el número de vueltas de la plataforma es para el primero de cuatro a cinco, y para el segundo de tres a cuatro vueltas por minuto.

Para una producción más considerable, se pueden emplear hogares con ceniceros superpuestos; el carbón llega a la circunferencia del cenicero superior, pasa hacia el centro y cae sobre el segundo cenicero, dispuesto como hemos indicado antes.

Aunque el hogar Bietrix exige poca fuerza motriz y funciona de una manera continua, tiene el defecto de proporcionar un calentamiento menos enérgico que el hogar Marsais y el carbón, si permanece inmóvil, puede llegar a inflamarse fácilmente. El hogar exige la presencia continua de un mecánico, y consume aproximadamente diez y ocho kilogramos de combustible por tonelada de carbón seco.

APARATOS DE TRANSPORTE  
=====

## TRANSPORTE PROXIMO Y MECANISMOS DE DISTRIBUCION DE LAS MATERIAS SOLIDAS; TRANSPORTE DE LIQUIDOS Y GASES

Los aparatos descritos en los capítulos anteriores ne cesitan para su funcionamiento mecanismos encargados de lle varles y retirarles las substancias; estos mecanismos de transporte, son en cierto grado el medio de unión de unos aparatos con otros. El movimiento de líquidos y de gases se hace por mecanismos análogos y sencillos; para realizar la misma función en los sólidos se usan aparatos de muy diver sa construcción.

CUADRO SINOPTICO DE LOS APARATOS DE TRANSPORTE A CORTA DISTANCIA

| SOLIDOS  | LIQUIDOS  | GASES   |
|--|---|---|
| <p>a) Transporte continuo de materiales:<br/> Canal de derrame<br/> Canal transportadora<br/> Transportador de cinta sin fin.<br/> Cangilones colgantes<br/> Elevadores<br/> Rascador<br/> Transportador de planchas<br/> Tornillo sin fin<br/> Transportador neumático<br/> Disposiciones de alimentación y vaciado<br/> Agua corriente</p> <p>b) Transporte discontinuo de material en trozos:<br/> Tornos, gruas, electroimanes, etc.</p> | <p>Transporte por gravedad<br/> Cangilones<br/> Por presión de gases (montajugos, sifón de presión de aire, bombas)<br/> Bombas<br/> a) Por desplazamiento<br/> Bombas de membrana<br/> " de émbolo<br/> " de ruedas dentadas<br/> " capsulares<br/> " de paletas<br/> " de tornillo<br/> b) Bombas rotatorias centrífugas (con o sin aparato aductor, de uno o varios tiempos)</p> | <p>Bombas de chorro con succión.<br/> Presión producida por:<br/> a) Compresores de émbolo<br/> b) Ventiladores<br/> c) Máquinas soplantes cap-sulares (bombas rotatorias)<br/> d) Máquinas soplantes centrífugas (turbocompresores, de uno o varios tiempos)</p> |



El desgaste natural de las instalaciones de transporte es grande; para limitarlo en lo posible y separarlo, si es preciso, deben tener buen acceso y engrase seguro todas sus partes rodantes y con fricción.

En los canales de derrame, las sustancias caen por la fuerza de la gravedad. La canal transportadora tiene un movimiento lento hacia adelante y otro rápido hacia atrás, de modo que el material, por inercia, camina hacia adelante. El transportador de cinta sin fin tiene ésta plana o cóncava, de algodón, goma o acero, y en ella va el material; se mueve mediante rodillos; se utilizan principalmente para transporte a más de cuatro metros de distancia y tienen una velocidad de un metro por segundo. El ancho, la forma y la velocidad de la cinta, determinan la cantidad transportada, que también depende del tamaño de los trozos del material. Las variaciones de dirección se resuelven con dos cintas vertiéndolo desde la superior sobre la inferior. Cuando se trata de distancias más cortas, y especialmente si hay que vencer un gran desnivel, se usan los transportadores de cangilones basculantes o los elevadores.

La inclinación máxima de las cintas sin fin es de 15 a 20°. Los elevadores son a propósito para cualquier inclinación, incluyéndola la posición vertical; pueden ser abiertos o ir alojados en cajas cerradas.

Los cangilones de los elevadores están sujetos a cadenas o cintas sin fin que pasan entre dos ruedas dentadas o dos rodillos; en los transportadores de cangilones col-

gantes, estos están colgados, teniendo un movimiento pendular y manteniéndose siempre con el fondo horizontal; su descarga tiene lugar por basculación de cada cangilón al chocar contra un obstáculo. El transportador de cangilones colgantes transporta en cualquier dirección.

Los transportadores de planchas se introducen cada día más en la industria por sus múltiples aplicaciones. En los rascadores hay una cuerda o una cadena que pasa dentro de una artesa y lleva sujetas, a distancias iguales, unas palas, que se encargan de empujar la substancia ( a una velocidad de medio metro por segundo).

Las planchas del transportador de este nombre son de hierro, acharneladas entre sí, con paredes laterales altas, y están unidas aisladamente a las cadenas de tracción; la cinta formada se apoya sobre rodillos, que disminuyen la fuerza consumida.

El transportador Redler consta de una caja de perfil rectangular, que aloja una cadena de eslabones anchos y planos, provistos de piezas transversales. El tramo inferior camina por el fondo de la caja y es el órgano transportador, mientras el superior marcha en retroceso sobre unos raíles, sujetos a las paredes de la caja, hay una rueda dentada encargada de la transmisión del movimiento; en el otro extremo, un rodillo sirve para dar la vuelta a la cadena y como órgano tensor.

La cadena, al pasar por el fondo de la caja, arrastra la capa material comprendida entre sus piezas transversales

y esta capa transmite la velocidad al material que tiene encima. Todo el material y la cadena forman, así, una corriente única de velocidad uniforme. La altura de material transportado puede ser, por tanto, un múltiplo de la altura de la cadena; la experiencia ha demostrado que la altura más económica es aproximadamente igual al ancho de la cadena, resultando una corriente de material de sección cuadrada aproximadamente.

El Redler es muy apropiado para substancias pulverulentas, granuladas o en pedazos pequeños. En la mayor parte de los casos tiene importantes ventajas económicas sobre otros procedimientos de transporte: ahorro de sitio y de energía o aumento de trabajo producido, así como también tratamiento cuidadoso del producto en canal cerrado. El derrame del material puede tener lugar a voluntad en cualquier punto del fondo de la artesa, mediante ventanas con cierres movidos a mano o mediante manivelas, etc.

Lo mismo los elevadores de cangilones que los Redler, sirven principalmente para materiales desmenuzados y finos, no pegajosos; para harinas y pastas se utilizan los transportadores de hélice principalmente; ya nos habíamos referido a ellos antes, al hablar de los tornillos sin fin mezcladores y secadores (mezcla, secado y transporte simultáneos).

Los tornillos sin fin sirven generalmente para el transporte horizontal, aunque también pueden trabajar en dirección algo inclinada. La alimentación y la descarga se dis-

ponen en cualquier punto de la artesa donde van alojados los tornillos; el orificio de salida puede cerrarse a voluntad, mediante una compuerta. La solidez del aparato ha de estar en relación con el esfuerzo que se le exija.

En una artesa, hay un árbol de giro rápido, que está acoplado directamente al motor mediante un engranaje cilíndrico, o bien indirectamente, por engranaje cónico o cilíndrico previo y polea transmisora.

En los transportadores de aire comprimido, se mueven los materiales, en forma de polvo suelto, etc, en el interior de tubos mediante una corriente de aire. Se aplican principalmente en aquellos casos en que los materiales tienen que marchar en distintas direcciones.

El aire a presión, obtenido mediante un compresor, se limpia completamente del aceite lubricante arrastrado, en un baño de agua. El separador de aceite sirve a la vez de caja de aire para obtener una corriente regular del mismo a través de la instalación conductora. Un aparato de alimentación introduce el material en la corriente de aire. Se gastan de tres a cinco metros cúbicos de aire, aproximadamente, por kilogramo, a una velocidad de veinticinco metros por segundo.

Para el desalmacenamiento se recomiendan los transportadores por aspiración de aire. El material es aspirado a través de una tobera, o puesto a paletadas en un embudo, desde el cual se hace pasar a un depósito aspirador colocado encima del vagón a cargar (acción del aspirador de polvo)

Este procedimiento que acabamos de indicar, es frecuente en instalaciones para la descarga de vagones especiales de polvo de carbón. Se utiliza, como agente transportador, una pequeña cantidad de aire a alta presión, resultando sencillamente la purificación del aire de escape. Los depósitos de polvo de carbón del vagón abocan a una toberas, a las que se acopla, de un lado, el aire a presión y, del otro, la tubería transportadora, marchando el polvo, arrastrado por el aire, al separador. Se favorece el transporte, dando presión al interior del vagón mediante la bifurcación indispensable.

Modernamente se utilizan las llamadas canales neumáticas. El fundamente de estos aparatos es la formación de una mezcla del material en polvo con el aire, mezcla que tiene un volumen específico y una energía diferente del material y que corre como agua. Para ello se inyecta a través del material, colocado en una canal poco inclinada, y por el fondo de la misma, que es de material poroso, aire finamente dividido. El procedimiento exige poca energía, ya que, por ejemplo, para transportar cuarenta toneladas de cemento a veinticinco metros de distancia, se necesita solamente un caballo hora.

La alimentación, lo mismo que la separación del material de los transportadores, exige frecuentemente mecanismos a propósito, sobre todo cuando quiere distribuirse aquel de un modo regular. Uno de estos mecanismos termina en un embudo rectangular, cuyo pico cae encima de una cinta sin fin; una puerta corredera permite agrandar el ori-

ficio de salida, de modo que es posible regular, dentro de ciertos límites, la cantidad de substancia transportada en la unidad de tiempo, aún siendo fija la velocidad de la cinta. Otro de tales mecanismos se compone de un platillo distribuidor; la distancia entre la salida del silo y el platillo, puede regularse mediante un tubo desplazable. El plato gira alrededor de su centro y hay una pieza desviadora que lanza la substancia en sentido tangencial.

Otro mecanismo distribuidor es el distribuidor con rueda de celdas. A la salida cónica de un silo se adapta una rueda de celdas. Al girar la rueda, las celdas abiertas hacia el silo se llenan de substancia sólida, que vierten después, al llegar abajo, a una canal transportadora o de derrame, por ejemplo. La velocidad de la rueda permite regular la cantidad de material que ha de verter.

Muchas veces se acoplan a las instalaciones de transporte de un material fabricado y acabado, las de empaquetado automático.

Hay todavía otros medios de transporte para las substancias sólidas, de aplicación limitada a casos especiales por ejemplo, mediante electroimanes pueden trasladarse los trozos de hierro; algunos residuos, arrastrándolos con agua corriente.

La circulación de líquidos y gases se realiza por medios muy distintos según la instalación y diferencia de niveles. La pieza más importante de cualquier mecanismo



adecuado para este fin son las tuberías, por las que circulan los fluidos.

Un líquido pasa de un nivel más alto a otro más bajo por la acción de la gravedad. Conforme a este principio, cuando un líquido tiene que pasar sucesivamente a través de varios aparatos, pueden disponerse éstos en pisos distintos, necesitando el líquido ser elevado una sola vez, mediante una bomba, a la parte más alta de la instalación.

El transporte de líquidos mediante la presión de un gas se funda en el principio de los vasos comunicantes. En los sifones, mediante un tubo lleno, se aspira el líquido contenido en un depósito; un tubo de caída, suficientemente largo, se une al primero, de modo que la corriente de este sistema tubular no puede cortarse en el ángulo. El principio es el mismo que el del trasiego de vinos entre toneles mediante mangueras. Otra disposición, análoga a la de los frascos lavadores de laboratorio, es el montajugos.

El aparato consta fundamentalmente del depósito y la cabeza distribuidora, que a su vez está constituida por la base, la cubierta y la bola distribuidora intermedia. El líquido, que viene de un aparato colocado en un nivel más alto, llega al recipiente o depósito indicado. El aire desplazado por el líquido, se escapa por la base y la cubierta, así como por una canal, que comunica con un tubo, al aire libre o a un depósito colector que está situado al final de la tubería ascendente. La entrada del aire

a presión está en la base del depósito. En cuanto el líquido ha alcanzado la bola, ésta se levanta, deja entrar el aire a presión y cierra, al mismo tiempo, la entrada de líquido y el canal purgador. El aire a presión hace subir el líquido por el tubo y la tubería ascendente, al lugar de destino. Entre tanto va bajando el nivel del líquido en el depósito y la bola permanece adosada a la concavidad que hay en la cubierta, hasta que sube por el tubo aire a presión, se igualan las presiones y la bola vuelve a bajar. Y se repite sucesivamente el mismo fenómeno.

En los aparatos de chorro, el líquido, que entra lateralmente, es arrastrado por una corriente de gas o de vapor.

El aparato de chorro se compone de: la cabeza con la boquilla de vapor, el cuello de mezcla y el difusor. En la boquilla de vapor se expande el vapor a la presión del gas a aspirar, adquiriendo una velocidad muy grande. En el cuello de mezcla se fusionan el vapor de trabajo y el gas, y en el difusor se transforma la velocidad en presión. El rendimiento del aparato depende de las medidas correctas de cada una de sus partes. Las trompas de vapor (eyectores), sirven para producir el vacío en los aparatos que trabajan con él. Generalmente se usan varios aspiradores con condensadores puestos en serie. Los eyectores tienen las ventajas de no tener piezas móviles, una solidez grande y una gran seguridad de funcionamiento; como, además, un precio es bajo, pueden competir bien con las bombas de

émbolo y las rotatorias. Pueden construirse del material que se desee, por ejemplo, plomo endurecido, porcelana, gres, hierro cauchutado, etc. La energía contenida en el vapor se utiliza inmediatamente, sin pasar por energía mecánica o eléctrica intermedia. Como vapor de trabajo puede utilizarse vapor expandido de una a tres atmósferas.

También los líquidos pueden moverse mediante los elevadores de aire a presión (emulsores); por ejemplo, la bomba Mammot. El aire a presión produce, en el punto de entrada de la columna líquida, una mezcla de líquido y burbujas, de menor peso específico, que asciende.

Todos los aparatos elevadores hasta ahora descritos, sirven para cantidades de líquido pequeñas. Los impulsores industriales de fluidos más usados son las bombas, de émbolo y centrifugas, de formas muy variadas, según las necesidades a satisfacer. Todavía se usa hoy la antigua bomba de émbolo, cuyo principio es el mismo de las bombas domésticas elevadoras: un cuerpo de bomba prolongado inferiormente en un tubo, que se introduce en el líquido a elevar; un émbolo dentro de la bomba produce, al subir, el vacío, determinando la aspiración del líquido a la bomba por la presión atmosférica; al descender el émbolo, puede enviarse el líquido donde convenga, mediante un juego de válvulas a propósito. Los componentes fundamentales de las bombas son: el émbolo; las válvulas; las empaquetaduras. Las bombas sencillas funcionan de modo que en una embolada elevan el líquido, y en la otra embolada lo impelen donde sea preciso. En las bombas de doble efecto, aspirante-impe-

lente, ambas caras del émbolo aspiran e impelen alternativamente.

Tanto las tuberías de absorción como las de impulsión van provistas de depósitos de aire, para evitar los golpes de ariete y las sacudidas bruscas de la corriente.

Los émbolos pueden ser de desplazamiento y de inmersión. Los primeros llevan consigo la guarnición o empaquetaduras que resbalan sobre el cuerpo de bomba, mientras los otros se mueven a través de una empaquetadora fija.

El funcionamiento de las bombas de émbolo se hace mediante electromotores, motores de explosión o con máquinas de vapor. Aquellas bombas en las cuales el cuerpo de bomba del vapor y del aparato están uno a continuación de otro y cuyos émbolos tienen la varilla común, se llaman bombas simples. La reunión de dos bombas de este tipo en paralelo, se denomina bomba duplex. En las bombas de émbolo, la altura de aspiración depende de la presión atmosférica, y puede alcanzar, a lo sumo, diez metros; prácticamente, en general, se reduce a seis o siete metros, y si el agua está caliente, con mucha presión de vapor, todavía menos. La altura de presión puede ser mucho más elevada. El trabajo de las bombas se calcula por el volumen de la embolada y por el número de emboladas en la unidad de tiempo.

También hay bombas que, en vez de émbolo, tienen una aleta que se mueve limitadamente en una y otra dirección, alrededor del eje del cilindro; se usan sólo para pequeños trabajos y son movidas a mano.

Cuando en lugar de líquidos se trata de suspensiones, con partículas sólidas, las válvulas de las bombas de émbolo son un obstáculo para el uso de tales bombas. Entonces, si es pequeña la presión a vencer, se acude a las bombas de membrana. En lugar del émbolo, actúa una membrana resistente, con movimiento de vaivén, sujeta por los bordes entre dos platinas. Las bombas de membrana no tienen otras piezas móviles que la membrana y las válvulas, lo que las hace muy a propósito para la industria química; carecen también de empaquetaduras.

La membrana no solo sirve para la impulsión del líquido, sino que a la vez separa una pasta del cilindro y el émbolo, protegiéndolos, por ejemplo, de los propios líquidos impulsados cuando pueden atacarlos. El cuerpo de bomba que rodea el émbolo está lleno de agua, que transmite la impulsión desde el émbolo a la membrana.

Las bombas rotativas se han extendido rápidamente en la técnica, desplazando a las de émbolo. En lugar de émbolo con movimiento de vaivén, hay una pieza con movimiento circular continuo. Son particularmente apropiadas para líquidos viscosos. En estas bombas, que obedecen al principio de desplazamiento, es fundamental un ajuste perfecto entre los órganos giratorios y la caja que los aloja, cosa poco importante en las bombas centrífugas de que hablaremos después. Las ruedas dentadas son dos y, entre sus espacios interdentes, el líquido va pasando de la zona de aspiración a la de presión. El número de vueltas necesario

depende de la viscosidad del líquido impulsado.

En las bombas capsulares (Kepselpumpen) (de impulsores rotatorios, a base de desplazamiento), hay dos cuerpos que giran dentro de una caja, de modo que, al hacerlo, aumentan el espacio del lado de la aspiración y disminuyen el del lado de la impulsión. Como son de acción continua, no necesitan depósito de aire, ni válvulas, diferencia común a todas las bombas rotativas respecto de las de émbolo

Todas las superficies de ajuste son circulares o cilíndricas. Las máquinas de impulsores rotatorios carecen de órganos con movimiento de vaivén y no necesitan, por consiguiente, basamentos tan pesados como las máquinas de émbolo. La cantidad de substancia movida por estas bombas es directamente proporcional al número de vueltas que dan.

Las bombas centrífugas tienen, respecto de las de émbolo, la ventaja de poder acoplarse directamente con motores de gran número de vueltas (electromotores o turbinas de vapor) y la de necesitar poco espacio. Se utilizan para transporte de grandes cantidades de substancia, no sometidas a oscilaciones y a alturas no excesivamente grandes. Además de las centrífugas propiamente dichas, hay las bombas centrífugas de turbina. Unas y otras tienen como pieza fundamental una rueda de álabes, con curvatura adecuada, alojada en una caja. El líquido es aspirado en la dirección del eje horizontal y lanzado por el giro de la rueda de álabes a la pared de una caja en espiral, que tiene una abertura de salida con tubería adicional enlazada



tangencialmente. La velocidad del líquido disminuye al aumentar la presión.

En las bombas centrífugas propiamente dichas el líquido, al salir de la rueda, cambia bruscamente su dirección radial en tangencial, formándose torbellinos que representan una pérdida de energía. En cambio, las bombas de turbina evitan este inconveniente, mediante un aparato conductor que cambia gradualmente la dirección del líquido. Las bombas de turbina reciben su nombre de las turbinas hidráulicas, aunque en estas se verifica el fenómeno inverso. Las bombas centrífugas carecen de órganos distribuidores y dan a los líquidos un empuje continuo sin necesidad de ningún depósito de aire. La altura a que puede elevarse un líquido con una bomba centrífuga depende del número de vueltas; cuando éste es menor de un cierto mínimo, se suspende la acción elevadora de la bomba. Las bombas capsulares mueven el líquido de un modo obligado, independientemente del número de vueltas, y alcanzan la altura necesaria, aunque el número de vueltas varíe; está sólo en relación con este número la cantidad de líquido elevado. Las bombas centrífugas tienen la ventaja de ser poco sensibles a las impurezas duras.

Las bombas de impulsor rotatorio deben preferirse en términos generales, cuando la elevación a alcanzar varía y permanece constante el número de vueltas, o cuando el número de vueltas es variable, y también para líquidos espesos y viscosos. Cuando permanecen constantes el número de vueltas y la altura a alcanzar, en particular también

para un gasto de líquido variable, las bombas de turbina y las centrífugas son las de mejor rendimiento económico. Si los mecanismos motores o transmisores son de curso lento, serán preferibles las bombas de impulsor rotatorio, y, en cambio, las bombas centrífugas y las de turbina, por su velocidad de giro superior, se acoplarán con ventaja directamente a máquinas motoras de giro rápido. Las bombas centrífugas tienen la desventaja que dejan de actuar si entra aire en el rodete; al ser puestas en marcha, deben llenarse de líquido por el lado de la tubería de presión, para desplazar el aire.

Las bombas se denominan de alta o de baja presión, según que sirvan para niveles superiores o inferiores a veinte metros. Las bombas de alta presión son múltiples; es decir, están formadas por una serie de ruedas de álabes sucesivas. Su accionamiento puede hacerse por acoplamiento directo a los motores.

Las bombas helicoidales, una clase de bombas centrífugas, tienen como agente elevador un rodete, análogo a las hélices de los barcos, alojado en una vaja vertical; pueden elevar a alturas pequeñas grandes cantidades de líquido.

El transporte de gases puede tener lugar por aspiración o por presión.

Los aparatos de chorro sirven para aspirar los gases de un aparato, y trabajan según el mismo principio de las trompas de agua de los laboratorios; sirven solamente para

vencer la presión atmosférica o pocos centímetros de sobre-presión.

Cuando hay que trabajar a presiones de varias atmósferas, en particular a presiones altas (por encima de ocho atmósferas), se acude a los compresores de émbolo de movimiento alternativo, contruidos de modo análogo a las bombas de la misma calificación. El calor desarrollado en la compresión de los gases se elimina refrigerando el cilindro. Para presiones altas se usan compresiones de varias fases.

Lo más frecuente, técnicamente, es que tengan que venerse pequeñas sobrepresiones de media a una atmósfera. Para presiones muy escasas, hasta de unos cuatrocientos milímetros de columna de agua, bastan los ventiladores, contruidos por alas caladas radialmente sobre un árbol y moviéndose dentro de una caja. Hay máquinas soplantes de construcción análoga a las bombas de impulsor rotatorio y con ellas se logra una presión de cinco metros de columna de agua.

Las bombas centrífugas para gases son análogas a las usadas para los líquidos. Los turbocompresores se utilizan para presiones de ocho atmósferas y corresponden a las bombas centrífugas de alta presión para líquidos. Entre los rodetes de álabes hay los conductos de unión, en los que la alta velocidad de los gases se convierte en presión. Los turbocompresores se acoplan directamente a los electromotores.

Para el uso práctico de las máquinas soplantes de ale-

tas y de turbina, debe tenerse en cuenta que las de impulsor rotatorio aseguran una incondicionada regularidad de funcionamiento, independientemente de las variaciones de presión que sobrevengan, para un número de vueltas constante. Las máquinas soplantes de turbina y todos los demás tipos centrífugos, exigen la adaptación de su número de revoluciones a las variaciones de presión.

De un modo general, y como complemento a cuanto llevamos expuesto sobre transporte de sustancias en toda industria, conviene tener presente que dichas sustancias no sólo deben pasar de unos aparatos a otros, sino marchar frecuentemente en direcciones determinadas con objeto de trabajar económicamente. Esto vale, en particular, para el movimiento de dos o más sustancias entre sí. Expresando estas ideas en lenguaje científico, diremos que: en la corriente paralela, las sustancias marchan en la misma dirección, y en la de contracorriente, en dirección opuesta. Las sustancias en movimiento pueden ser cuerpos en reacción y se habla entonces de corriente paralela o de contracorriente de materias. y si las sustancias, por un lado, son masas de reacción y, por otro, portadores de calor, tenemos las corrientes térmicas. En la corriente cruzada se mueven el portador de calor y el material perpendiculares entre sí.

En el siguiente cuadro aparecen claras estas ideas.

# CUADRO SINOPTICO DE DIRECCIONES DE MOVIMIENTO

| DIRECCIONES DE MOVIMIENTO                                      | EJEMPLOS   |
|--|--|
| <p>Corriente paralela</p> <p>a) material</p> <p>b) tèrmica</p> | <p>Escisiòn de hidrocarburos con vapor de agua</p> <p>Secado de sustancias sensibles al calor, recuperadores de calor</p>  |
| <p>Contracorriente</p> <p>a) material</p> <p>b) tèrmica</p>    | <p>Reacciones entre gases y líquidos, decantaciòn</p> <p>Dorr en contracorriente</p> <p>Recuperadores de calor, hornos tubulares rotatorios, hornos de cuba, hornos de tùnel secaderos, aparatos de disoluciòn, mezcladores.</p> |
| <p>Corriente cruzada.</p> <p>tèrmica</p>                       | <p>Secado de sustancias sensibles a la temperatura, refrigerante Reuter</p> <p>Condensaciòn en recuperadores de calor en espiral.</p>  |

Tienen también particular importancia en la industria los ciclos o procesos circulares, que lo mismo pueden referirse a la materia que a la energía. Se efectúan, igualmente, en último término por razones económicas, por lo cual en cada caso particular puede ser distinta la finalidad técnica del proceso circular. El ciclo con movimiento intencionado de substancias o de energías, es distinto del retroceso que se hace obligadamente sin desearlo.



# CICLOS EN LOS PROCESOS QUIMICO-INDUSTRIALES

| CLASES                | FINALIDAD DEL CICLO                    | EJEMPLOS   |
|-----------------------|--|--|
| I. Ciclo material.    | Acción química y ahorro de sustancias. | <p>Todos los procedimientos de recuperación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procedimiento Solvay</li> <li>2. Procedimiento Bayer</li> <li>3. Celdas de amalgama</li> <li>4. Obtención de <math>H_2</math> <math>O_2</math></li> <li>5. Oxidaciones con ácido crómico</li> </ol>   |
|                       | Acción física                          | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Refrigeración; ciclo de agentes refrigeradores.</li> <li>2. Calentamiento; ciclo del vapor calentador</li> <li>3. Evaporación; ciclo de vapor</li> <li>4. Mantenimiento de temperaturas constantes</li> <li>5. Mantenimiento de concentraciones constantes</li> <li>6. Realización de separaciones, extracción.</li> </ol> |
|                       | Acción físico-química                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A partir de condiciones de equilibrio</li> <li>2. Aceleración de reacciones</li> </ol>   |
| II. Ciclo energético. | Ahorro de energía.                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaporación con bomba de vapor</li> <li>2. Recuperadores de calor</li> </ol>   |

Por el modo como se realizan en la técnica los procesos circulares, se dividen en abiertos y cerrados. En los primeros la materia del proceso circular no está en flujo continuo, sino que puede, por ejemplo, conservarse en depósitos, etc, estableciéndose una interrupción de flujo. En los ciclos cerrados las sustancias se encuentran continuamente en curso. En el ciclo cerrado hay que tener las máximas exigencias acerca de la seguridad del funcionamiento, ya que su interrupción lleva consigo la de toda la instalación, cosa que no es necesariamente obligada en el ciclo abierto.

En los métodos de trabajo físico-mecánicos descritos, lo mismo que en algunos procesos auxiliares aislados (evaporación, destilación, secado, filtración, etc.) se hizo alusión repetidamente al uso de vacío. Con el nombre de vacío se designa la presión inferior a la atmosférica existente en un espacio cerrado. Se logra por aspiración, obtenida con aparatos como los descritos en las bombas de impulsión de líquidos y gases. Cualquier producto de presión, compresor de émbolo o bomba centrífuga, puede servir para la producción de vacío; con una bomba de un tiempo se logra un vacío de seis a ocho milímetros de mercurio; con una de dos tiempos se alcanza medio milímetro de mercurio de presión absoluta.

En el cuadro que exponemos a continuación están comprendidos los diversos sistemas empleados para la producción de vacío.

# CUADRO DE LAS BOMBAS DE VACIO

| 1) Bombas de vacio en seco   | 2) Bombas de aire húmedo  |
|--|---|
| <p>a) Bombas de aire de émbolo( de uno y de dos tiempos)<br/>           (Bombas de corredera plana)<br/>           (Bombas de corredera giratoria)<br/>           Bombas de impulsor rotatorio con aceite o sin él (bombas capsulares)</p> <p>b) Bombas centrífugas (motores acoplados directamente)</p> | <p>a) Bombas de vacio de émbolo (de lumbreras)</p> <p>b) Bombas de vacio rotativas<br/>           Bombas de manto de agua de acción centrífuga</p> <p>c) Bombas de vacio de chorro<br/>           Compresor de chorro de agua<br/>           Compresor de chorro de vapor</p> |

Daremos únicamente unas ideas generales sobre las características de las diversas bombas de vacío indicadas en el cuadro anterior, con el fin de facilitar la elección, en cada caso, de la que se considere más adecuada.

Las bombas de émbolo pueden ser de corredera y de válvulas, Las bombas de émbolo representan la inversión de las máquinas de vapor; en éstas la expansión de un vapor se convierte en trabajo mecánico, mientras en las primeras los gases se comprimen gracias a la energía mecánica. Por esto, la construcción de los aparatos de una y otra clase es muy parecida, correspondiendo a la máquina de vapor con distribuidor de corredera la bomba de corredera también. En las bombas de corredera el cierre y la abertura de las conducciones de aspiración y presión se hace mediante una corredera movida por una excéntrica del árbol del cigüeñal. El calor de compresión se elimina por refrigeración.

En las bombas de vacío con válvulas, la abertura y el cierre de las bocas de aspiración y presión, se hace mediante válvulas fácilmente móviles.

En las bombas de vacío de dos fases, trabajan dos cuerpos de bomba sucesivos, haciendo uno el vacío previo del otro. Hay bombas de vacío de corredera vertical, de doble efecto, de una y de dos fases.

También pueden usarse como bombas de vacío, las rotativas de capítulo anterior; el vacío se obtiene en el lado de la aspiración. Estas bombas permiten el acoplamiento

directo con un motor o una turbina de vapor. Las bombas de vacío citadas trabajan en seco.

Frecuentemente, de los aparatos, deben extraerse líquidos (agua) junto con el aire; para esto sirven las bombas de aire húmedas, por ejemplo, en los evaporadores de vacío con condensación de corriente paralela, en las cuales se eliminan aire mezclado con vapor de agua y agua de inyección (en contracorriente) con vacío barométrico y bomba de vacío en seco. Representan, respecto de las bombas de aire húmedas, un ahorro de energía.

En las actuales bombas de vacío, de lumbreras, las válvulas de presión están dispuestas en la dirección de actuación del émbolo y precisamente en el mismo frontal del cuerpo de bomba, de modo que se forman los espacios muertos más pequeños imaginables. y se logra un vacío de quince a veinte milímetros de mercurio.

En las bombas de aire húmedas centrífugas (bombas de manto de agua) se aprovecha la fuerza centrífuga del agua en rotación para impulsar el aire, formando la propia agua el cierre contra la atmósfera. Al aumentar la diferencia de presión, aumenta la fuerza a emplear, ya que la fuerza centrífuga debe vencer constantemente la contrapresión, mientras que en las bombas de vacío de émbolo disminuye considerablemente la fuerza empleada a medida que aumenta el vacío. Las bombas de aire húmedas son de menos coste, pero, en cambio, de mayor gasto de accionamiento.

Mientras los condensadores de chorro de agua repre-

sentan bombas de aire húmedas con condensador interior, necesitan los condensadores de chorro de vapor un mecanismo de condensación complementario. Para alcanzar un vacío suficientemente alto, deben disponerse varios condensadores de chorro de vapor en serie, intercalándola entre ellos la condensación. Cuanto mas cara es la energía mecánica y más pequeña la producción exigida, tanto más ventajosamente trabajan los aspiradores de chorro de vapor. Con condensadores de chorro de vapor de varias fases, se logran vacíos hasta de tres décimas de milímetros de mercurio.

Por último, como hemos visto a través de la exposición que venimos haciendo de aparatos necesarios en una instalación industrial del tipo que estudiamos, se precisan también generadores de vapor, cuya elección no presenta dificultad alguna, pudiendo servir como generador una caldera de tipo cualquiera, multitubulares o calderas de pequeños elementos, de las que existe un gran número de modelos en el comercio, todos ellos de buen resultado.

La superficie de calentamiento necesaria puede evaluarse rápidamente admitiendo, como término medio, que son necesarios quince metros cuadrado por tonelada de aglomerados producida en una hora de trabajo.

Se considera desde luego ventajoso, que se utilice para el calentamiento de las sustancias que lo precisen, el vapor producido directamente en los generadores, en lugar de emplear el vapor procedente del escape de las máquinas o de los hornos. Estando, además, la superficie de calentamiento necesaria y el consumo de combustible ligados directamente al buen funcionamiento de los generadores de vapor



y de los aparatos a que ese vapor sirve.

La práctica da como término medio de consumo de combustible, unos cuarenta kilogramos por tonelada de aglomerados fabricada, oscilando ese consumo entre veinte y sesenta kilogramos, según las condiciones de funcionamiento que hemos indicado.

-----

TRANSMISION DE FUERZA MECANICA

Y CANTIDAD DE ESTA NECESARIA

## TRANSMISIÓN DE LA FUERZA MECÁNICA Y CANTIDAD DE ESTA NECESARIA.

Todas las máquinas que hemos descrito, producen los efectos que se desean mediante la acción de fuerzas y con determinados movimientos. Las máquinas tienen órganos rígidos y otros dúctiles; estos últimos, u órganos de tracción, han de soportar solamente la acción de fuerzas de esta clase y se llaman transmisiones. Las seis transmisiones fundamentales son: tornillo sin fin, manivela, órganos curvos, poleas, ruedas dentadas y rueda de trinquete.

La energía que más generalmente se usa hoy en la industria es la eléctrica, que se transforma en los electromotores en energía mecánica de rotación. Es frecuente acoplar directamente el eje del motor al de la máquina de trabajo y esto representa el ideal al que hoy se tiende (ventaja de las bombas centrífugas sobre las de émbolo y de impulsor rotatorio). Sin embargo, cuando los árboles de las máquinas son de giro lento, no pueden acoplarse directamente a los motores, y entonces se precisan mecanismos de transmisión adecuados. Los mecanismos de transmisión corrientes en la industria, son las ruedas dentadas y las transmisiones de cuerda, correa y cadena.

En las ruedas dentadas, cuyos dientes encajan entre

los árboles unidos giran en dirección opuesta; la relación de transmisión es la que hay entre los radios de las dos ruedas.

Los árboles de hierro forjado y sus cojinetes, las ruedas y las poleas, así como todas las uniones, constituyen toda parte de la instalación transmisora.

La distancia a que deben colocarse los cojinetes de los árboles, depende de los esfuerzos que han de transmitirse y del diámetro de éstos últimos. Cuando el diámetro de un árbol sea de cincuenta a cien milímetros, habrá un cojinete cada dos o cada dos metros y medio. Los trozos de árbol aislados, de cuatro a siete metros, necesitan, por lo menos, dos cojinetes, y se unen entre sí mediante acoplamientos fijos o cambiable, que deben ponerse próximos a los cojinetes. Los árboles horizontales pueden descansar sobre cojinetes sentados en el suelo o suspendidos del techo, mientras que los árboles verticales encajan generalmente en tejuelos. La longitud de los cojinetes es generalmente de dos a tres veces el diámetro del árbol.

Para poder desconectar un árbol del que le transmite el movimiento, tiene el último una polea de ancho doble de la correa transmisora, mientras aquél tiene dos poleas del mismo ancho de la correa, una fija y la otra de giro libre (polea loca); una palanca permite pasar la correa a la polea que se desee o convenga, evitando con ello que se interrumpa el movimiento del árbol transmisor. Las correas pueden ser de cuero, de caucho (en atmósferas húmedas) de seda natural o de tejidos de algodón. El transporte mas favorable se consigue con poleas cuyos diámetros están en la

relación de uno a uno y medio; cuando la proporción es menor, conviene usar tensores que aumenten el rozamiento de la polea pequeña. Juntamente a las poleas pueden ponerse guías de retención, que son generalmente piezas en forma de escuadra, cuya finalidad es evitar que la correa pueda caerse sobre el árbol, cuando resbala de la polea que la sostiene. También es recomendable encerrar las correas y transmisoras en cajas de tela metálica para evitar accidentes, según prescriben las disposiciones oficiales vigentes, en materia de seguridad del trabajador.

La distancia entre los árboles puede llegar a los tres metros, cuando el ancho de las correas utilizadas sea hasta de diez centímetros; aunque este ancho sea mayor, sin embargo aquella distancia no debe exceder nunca de los diez metros. Para evitar el corrimiento longitudinal de las poleas, se usan anillos sujetos al árbol con tornillos. Cuanto más largas son las correas, tanto menos necesario es que estén tensadas, ya que su propio peso las puede mantener adheridas a las poleas, siempre que los árboles tengan uno respecto de otro posición lateral y no superpuesta.

La transmisión por cadenas, tiene aplicación cuando la distancia entre los árboles es superior a la adecuada para ruedas dentadas, e inferior a la de por correas; la transmisión es insensible al calor y a la humedad.

Las cuerdas de cáñamo se usan en transmisiones a distancias de unos veinticinco metros, al aire libre. Los cables de alambre, para distancias mayores todavía. Moderna-

mente van sustituyéndose todas estas cuerdas por cintas de acero.

La fuerza transmitida depende de la anchura y del grosor de la correa, del diámetro de la polea y del número de vueltas del árbol. Para la transmisión de fuerza a poca distancia, resulta adecuado el transporte mediante varias correas de sección trapezoidal (sistema Vogel y Schelegel), que encajan en otros tantos canales de las poleas. Estas correas están formadas de un haz de hilos de algodón, encauchutados cada uno de por sí, y también la correa completa. El transporte de energía se hace aprovechando el rozamiento entre los bordes de la correa y de la canal. La distancia entre los ejes ha de ser aproximadamente igual al diámetro de la polea mayor.

En los últimos años han logrado gran difusión las correas de canto de cuero al cromo (Chromleder-Hochkant-Treibriemen). Las correas constan de una serie de tiras de cuero al cromo, o de una porción de hojitas del mismo cuero, unidas entre sí mediante remaches a distancias uniformes; tienen un gran poder transmisor, incluso entre ejes colocados a poca distancia y para poleas de pequeño diámetro. Evitan las bolsas de aire entre las correas y las poleas, porque el aire escapa por los espacios que quedan entre las tiras; los rodillos tensores son superfluos, y presentan gran resistencia a la acción de la humedad, del calor y agentes químicos.

Las instalaciones deben tener una gran seguridad de



funcionamiento; la falta del más pequeño motor, con la interrupción consiguiente hasta su separación, es suficiente para alterar el curso del trabajo y de la producción. Tanto más perjudiciales son, desde el punto de vista económico, estas alteraciones, cuanto pueden ser más frecuentes. Los motores están expuestos al ataque de los gases activos, humedad o polvo, y la existencia de mezclas groseras explosivas lleva consigo considerables peligros.

Las fuerzas necesarias son muy variables también, desde pocos a varios millares de kilovatios y de ochenta a tres mil vueltas por minuto. En general se usa corriente alterna. En los motores abiertos, se utilizan aislamientos especiales. Si se quiere proteger, no solo el arrollamiento, sino todo el motor, se acude al motor cerrado y a refrigeración de este mismo aire. En otros tipos se elimina el calor de la superficie del motor mediante una corriente de aire, producida sencillamente por un ventilador acoplado al propio árbol del motor. Los motores con transmisión son una combinación de motor y transmisiones, y representan una simplificación considerable del accionamiento a motor.

De los diversos sistemas de transmisión que hemos expuesto, en una fábrica de aglomerados juzgamos más apropiado el de correas, o sus análogos, puesto que su flexibilidad impide en gran parte las roturas que pueden originarse por la presencia o introducción accidental de material extraño en los órganos de los distintos aparatos necesarios, tales como trituradoras, prensas, mezcladoras de pasta, etc.

Como complemento de una buena instalación industrial, son necesarios una serie de aparatos auxiliares para medir, vigilar, regular y analizar automáticamente.

Sin que entremos en detalles que harían demasiado larga esta exposición, por otra parte nada precisos por el carácter general que le hemos dado, incluimos a continuación un cuadro, que resume y detalla las diversas operaciones anejas a las propia o directamente ligadas con la instalación industrial, operaciones que requieren a su vez aparatos apropiados para realizarlas que sucesivamente iremos indicando.

## Medida de cantidades de substancia y de magnitudes físicas

Las substancias sólidas y líquidas se miden, en general, pesándolas; pero este procedimiento no es sencillor si las substancias están en movimiento, es decir, si se trata de la determinación del gasto (relación del peso al tiempo) de una corriente. La pesada de las substancias puede hacerse en balanzas estáticas como las corrientes. Especial mención merecen las balanzas automáticas, en las que pueden pesarse cantidades iguales de un material de un modo continuo, para la carga uniforme, por ejemplo, de un horno de reacción. El depósito que contiene la substancia se abre, y cae ésta en uno de los platillos de una balanza de brazos iguales; la salida se cierra en cuanto se completa el peso; automáticamente se vacía el platillo cargado y comienza una nueva pesada. Un mecanismo contador puede llevar el registro de las pesadas efectuadas.

Tabién hay balanzas automáticas de brazo variable que permiten la pesada de cantidades distintas. Al cargarse el puente se pone en movimiento el peso, desplazable por la acción del mecanismo motor; cuando se ha logrado el equilibrio, se pasa dicho mecanismo. Registrado el mecanismo de la pesada (mejor de un modo continuo, merced a un mecanismo inscriptor), el peso vuelve a su posición de origen durante el vaciado de la balanza. Cuando se trata de una

fabricación continua, debe serlo también la pesada de sustancias, que se consigue por medio de la balanza automática de cinta sin fin.

Si se trata de distribuir regularmente la sustancia a lo largo del curso de una cinta (dosificación), puede lograrse abriendo más o menos la ventana que vierte sobre ella

Para medir los líquidos existen los siguientes procedimientos:

- a) Pesada o medida de volúmenes (en líquidos estáticos)
- b) Por desplazamientos
- c) Por aforo.

Los aparatos de medida basculantes, permiten pesar automáticamente cantidades de líquidos. Están formados por un depósito que se llena cada vez con un peso determinado de líquido, se cierra la entrada del mismo y se vuelca el depósito; un dispositivo registrador anota el número de veces que se repite el fenómeno.

También pueden medirse los líquidos mediante cuerpos móviles por el principio de desplazamiento. En los medidores de chorro, el líquido en movimiento mueve una rueda de aletas del diámetro del tubo; la rotación se transmite a un mecanismo contador.

Los gases pueden medirse de un modo discontinuo en campanas o gasómetros, invertidos en un líquido. La mayor o menor altura que sobrenada de la campana, señala la can-

tividad de gas contenida. Para la medición continua sirven los contadores de gases.

También se usan las medidas de líquidos y gases los rotámetros. Un flotador circular está sometido a un movimiento rotatorio, por la acción del fluido sobre unas canales transversales que tiene-aquél en su superficie; según la intensidad de la corriente, se mantiene a una altura mayor o menos. En el tubo de vidrio se indica el gas to, en litros por hora, correspondiente a cada altura. Los rotámetros trabajan sin frotamiento, sin desgaste de piezas y dan indicaciones seguras. La pérdida de presión que ocasionan es pequeña y, como no hay ninguna columna de líquido, no humedecen el gas. Los hay para toda clase de líquidos y gases.

Para la medida de líquidos, vapor o gases por aforo, se intercala en su circuito un obturador con un paso u orificio (boquilla, lámina con un orificio, venturímetro) que determinan una diferencia de presión. La cantidad de líquido es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia de presión, y puede anotarse inmediatamente en kilogramos-hora o en metros cúbicos hora.

## Medida de variables de estado y cantidades de calor

La medida de la temperatura y presión se hace en la industria con aparatos idénticos, en general, a los de la laboratorio. La presión se mide mediante columnas de líquido y manómetros metálicos.

Cuando se trata de medir presiones muy pequeñas, que las columnas de líquido no pueden acusar, se usa el manómetro, Meleod, en el que un volumen grande de gas se comprime a un volumen pequeño, medible todavía; la presión aumenta hasta más de un milímetro de mercurio y puede ya medirse.

La medida de temperaturas se hace con termómetros de líquido, termoelementos, termómetros de resistencia, de radiación o de presión de vapor.

## Vigilancia y regulación

La aplicación de procedimientos continuos a la industria, con ahorro de trabajo humano, impone una observación objetiva de muchos fenómenos y su regulación objetiva también. En la economía energética (calderas de vapor) fueron usuales ya desde mucho tiempo los aparatos de vigilancia y regulación. Magnitudes físicas, como la presión y la temperatura, han dejado de ser observadas y anotadas periódicamente por el hombre, para ser medidas de un modo



continuo en aparatos registradores, cuyos diagramas son elementos objetivos para el trabajador que cuida de un proceso, para el director y para la propia dirección. Cualquier anormalidad puede reconocerse inmediatamente en el diagrama. También es conveniente que los aparatos de vigilancia y regulación, que no pueden observarse todos a la vez, vayan acompañados de otros de alarma que señalen cualquier interrupción o anormalidad de los procesos. Los aparatos de alarma pueden ser ópticos o acústicos.

Las indicaciones se transmiten a distancia, generalmente, mediante mecanismos eléctricos. Así el termómetro de resistencia (P Braum) fundado en la variación de conductibilidad con la temperatura, permite observar las temperaturas desde lugares apartados del foco de calor. En un mismo aparato central (galvanómetro) podemos leer las temperaturas de distintos aparatos mediante interruptores. También un solo registro, con conmutaciones automáticas, permite anotar en una misma hoja las diferentes temperaturas de varios aparatos, pudiendo distinguirse las curvas por el diferente color de las tintas empleadas.

Los aparatos de alarma acusan un fenómeno no deseado, pero posible, mediante una señal óptica (iluminación de una lámpara, caída de un brazo, etc), o acústica (bocina, despertador, etc.). La transmisión generalmente es eléctrica, usando como intensificador de energía el relai, muy socorrido en los indicadores de distancia.

En los reales mecánicos las fuerzas intermedias son hidráulicas o neumáticas. Por ejemplo, el servomotor es un émbolo de doble efecto. Cuando a uno de los lados del émbolo se aplica un exceso de presión, se mueve, y su eje inicia un fenómeno que corrige precisamente aquel exceso.

APARATOS DE COMPRESION  
=====

## APARATOS DE COMPRESION

=====

La primera condición que debe cumplir un aparato de compresión es la de poder dar a los aglomerados una densidad conveniente. Ahora bien, esta densidad es tanto más uniforme cuanto menor es el espesor del aglomerado. Se ha comprobado que briquetas rectangulares cuyas dimensiones transversales eran de 29 y 18 cm. presentaban entre las caras superior e inferior una diferencia de densidad del 5% (1,21 a 1,16) para un espesor de 50 cm. mientras que esta diferencia se reducía al 1% (1,20 a 1,29) cuando la altura de las briquetas era de 11 cm. y sus dimensiones transversales de 30 y 24 cms.

Esta diferencia de densidad obedece a que el esfuerzo de compresión ejercido sobre una de las caras no se transmite más que imperfectamente a través de la masa que forma la briketa; una gran parte de este esfuerzo es destruido, o mejor dicho absorbido por el frotamiento que ejerce esta masa sobre las paredes del aparato. El coeficiente de frotamiento de una sustancia triturada y seca, sobre fundición pulimentada es aproximadamente de 0,70. Partiendo de este coeficiente, se comprueba que una presión de 50.000 Kilogramos, ejercida sobre una de las ca-

ras de una briqueta rectangular de 25 cms. por 30 cms. se reduce a 8.500 Kilogramos ( $1/6$  aproximadamente) sobre la cara opuesta, cuando el espesor de la briqueta es de 15 cms.

De estas experiencias se pueden sacar las conclusiones prácticas siguientes bajo el punto de vista de la construcción de máquinas destinadas a la obtención de aglomerados:

La presión suministrada por la máquina de compresión debe ser, por lo menos, de 100 kilogramos por centímetro cuadrado y en ciertos casos, cuando se trata de carbones duros, conviene que alcance de 140 a 150 kilogramos por centímetro cuadrado.

Para una sección transversal comprendida entre 4 y 500 centímetros cuadrados, el espesor debe ser inferior a 15 cms. por ejemplo: 10 ó 12 cms. Naturalmente, si se disminuye la sección del aglomerado obtenido, es preciso disminuir también su espesor.

Desde el punto de vista de la uniformidad, en la densidad y de la reducción del frotamiento al mínimo, la forma más conviniente o ventajosa es, evidentemente, la circular; en el caso en que se empleen ~~presas~~ rectangulares, conviene, por lo menos, redondear los ángulos.

R. Middleton sostiene que la comprensión sencilla sobre una briqueta no produce todo el efecto deseado, y que la doble compresión es indispensable para obtener un procedimiento

ducto homogéneo. La parte opuesta al embolo, dice, queda siempre más blanda que la que está en contacto directo con él, de aquí la necesidad de aplicar la doble compresión, con lo cual sería la parte central de la briqueta la que resultaría entonces menos comprimida. La doble compresión añade, permite también redondear los ángulos de las briquetas y por consiguiente, disminuir las dificultades de conservación y transporte.

Arthur J. Stevens no comparte la opinión de Middleton que acabamos de exponer alegando que al ser del País de Gales las briquetas son fabricadas sin excepción con máquinas de compresión sencilla. Además, seccionando una briqueta en dos, ha comprobado que la diferencia de densidad entre la parte que recibe directamente la compresión y la opuesta, no es tan grande como podría creerse. La ventaja teórica de la doble compresión, consiste en que cada molde puede disponerse para recibir un pistón de compresión de forma que, la exactitud del movimiento de la mesa no es necesaria. Esta exactitud es, en efecto, difícil de conseguir porque las partículas desprendidas se introducen en el mecanismo que produce el avance de la mesa y origina irregularidades de marcha.

Yeadon es partidario de la doble compresión y de la supresión de ángulos vivos que según él, presenta la ventaja de reducir a un mínimo la cantidad de pérdidas en el transporte y conservación.

Lógicamente y según se deduce de todas las experien-



cias realizadas y de los resultados obtenidos la presión debe regularse según la naturaleza del carbón y de la materia aglomerante que se emplee. Si el carbón es friable y grueso, bastará una ligera presión; si se emplease, en todo caso, una gran presión, se desmenuzaría demasiado el carbón. Si se emplea carbón menudo, la presión entonces debe ser fuerte; lo mismo que cuando se utilizáse una mezcla de harina y cal, por ejemplo, como materia aglomerante, o cuando se empleára directamente el carbón sin materia aglomerante. Las débiles presiones convienen cuando se emplean grandes cantidades de brea para la aglomeración. Las máquinas deben, por consiguiente, ser susceptibles de producir presiones variable y se deberá adoptar la presión más conveniente que en cada caso impongan las consideraciones que hemos hecho.

#### CLASIFICACION DE LOS APARATOS DE COMPRESION =====

Ya se comprende, dada la diversidad de tipos de aglomerados, así como las diferencias esenciales de unas máquinas con otras, la dificultad que entraña realizar una clasificación completa de los diversos aparatos de compresión existentes en la actualidad. Sin embargo, y teniendo en cuenta lo útil e indispensable de tal clasificación, insertamos a continuación una que, si bien adolece de ser demasiado explícita, lo que más la asemeja a un catálogo que a una clasificación, presenta la ventaja sobre las dadas por algunos autores de tener en cuenta la mayor cantidad

posible de elementos característicos del aparato, así como la forma en que estos actúan.

### Clasificación de los aparatos de compresión

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Prensas tangenciales..... | David     |
|                           | Jarlot    |
|                           | Verpileux |
|                           | Flaud     |

|  |                     |                       |                      |                       |                                   |
|--|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Prensas de<br>moldes cerrados o prensas<br>estampadas. | Presión de vapor    | Presión directa       | de un lado solamente | Perpendicular         | Mazeline<br>Stevens               |
|  |                     | Presión indirecta.    | de un lado solamente | Perpendicular         | T. Middleton<br>Bietrix           |
|  |                     |                       |                      | Horizontal            | Durant et Magais<br>Dupuy et fils |
|  |                     |                       | de los dos lados     | Perpendicular         | Hanrez<br>Couffinhal              |
|  |                     |                       |                      | Horizontal            | Yeadon<br>R. Middleton            |
| Prensas de moldes abiertos<br>o prensas-cuchillo.....  | Presión hidráulica. | De un lado solamente, | Perp.                | Révollier<br>Mazeline |                                   |
|  |                     | De los dos lados.     | Horizontal           | Roux-Veillon          |                                   |
|  |                     | Presión de vapor..... |                      | Evrard<br>Bourriez    |                                   |

Prensas de briquetas perforadas.

|                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| Prensas de ovoides..... | Fouquemberg       |
|                         | Robert            |
|                         | Zimmermann-Hanrez |

### Primer tipo - Prensas tangenciales

Estos aparatos están basados sobre el principio de dos ruedas tangenciales, cuyas yuntas están provistas de partes salientes y entrantes, en correspondencia dos a dos, de forma a engranarse. El movimiento de cada diente que penetra en el entrante que constituye el molde, engendra presiones cuya intensidad y dirección varían constantemente y dan lugar a desligamientos interiores que dificultan la unión entre los elementos de la briqueta.

Citaremos como tipos de prensas de ruedas tangenciales las máquinas de Jarlot, Fland y Verpilleux. Los aparatos de ruedas tangenciales no exigen más que pequeños gastos de instalación y no absorben más que una fuerza bastante moderada; sin embargo, sólo pueden aplicarse a la fabricación de aglomerados que contengan fuerte proporción de aglomerante, formado por brea grasa o de una mezcla de brea seca y alquitrán. Por otra parte, la composición que permiten realizar es bastante imperfecta y los aglomerados obtenidos presentan una densidad muy inferior a los que proporcionan otros sistemas. Por todo ello, creemos que no se debe acudir al empleo de tales aparatos mas que cuando los aglomerados provengan de sustancias de fácil aglutinación y que, una vez confeccionados, deban ser utilizados in situ, para evitar gran número de manipulaciones.

Prensa David..- Uno de los aparatos, con ruedas tangenciales, más conocido es el de M. David. Consiste en dos grandes ruedas verticales de 2,50 m. aproximadamente, de diáme-

tro, una provista de entrantes o moldes y la otra de dientes. El fondo de cada molde está formado por un tapón móvil, que sirve para la compresión y para la descarga del molde. En el momento que el diente penetra en el molde, el fondo de este avanza igualmente hacia el interior, permitiendo esta disposición que el aglomerado sea comprimido al mismo tiempo por sus dos bases, dándole por consiguiente una densidad bastante uniforme; cuando el aglomerado alcanza el punto más bajo de la rueda, el fondo móvil, desplazándose por medio de una excéntrica, efectúa la descarga del molde, cayendo el aglomerado sobre una tela sin fin

Los aglomerados preparados por medio de este aparato son siempre más o menos deformes; como esta deformación es tanto más sensible cuanto mayores son los aglomerados, se comprende que, desde este punto de vista, presente gran ventaja reducir su peso lo más posible.

La producción es, por término medio, de 3 toneladas a 3,5 toneladas; la potencia de la máquina motriz necesaria es de 12 a 14 caballos, lo que representa un trabajo absorbido de unos 4 caballos por tonelada de aglomerados obtenida.

#### Segundo tipo.- prensas de moldes cerrados

Prensa Middleton.- La máquina de aglomerar, sistema R. Middleton, es una de las más antiguas; data del año 1845 y en 1853 se la modificó proveyéndola de un pistón rectangular análogo al de la máquina Bietrix.

Su funcionamiento es el siguiente:

Las materias entran en la tolva de alimentación, de la cual, por medio de un émbolo, paran al molde. La presión de este émbolo es regulada por medio de un resorte. En el fondo del molde existe una placa fija, contra la cual son presionadas las materias para obtener aglomerados de dimensiones y peso fijos. Cuando el pistón ha terminado de actuar, la placa que llevan los moldes gira un octavo de vuelta en un plano vertical, poniendo un nuevo molde en disposición de recibir la materia a aglomerar.

La compresión se efectúa de arriba a abajo por medio de un pistón único que penetra con giro de rosca en cada uno de los alveolos del platillo giratorio; el movimiento de este último debe ser, por consiguiente, absolutamente preciso, para que el pistón encuentre al molde completamente enfrente de él, con un juego de algunos milímetros solamente.

La compresión se produce por medio de palancas. La biela, unida al volante y a la palanca oscilante, imprime a esta última un movimiento alternativo y, por medio de árboles de tensión adaptados a las dos palancas presionantes, da simultáneamente a estas palancas un movimiento de avance o de retroceso. Con el primero de estos movimientos los aglomerados son comprimidos, por medio de pistones horizontales, a una presión de 315 kilogramos por centímetro cuadrado. Los pistones retroceden alrededor de la biela. La presión se produce cuando la biela está en una posición en que su movimiento lateral es muy débil, de forma que la presión tiene lugar y cesa lo más lentamente posible.

La presión de 315 kilogramos por centímetro cuadrado se ha comprobado que es la más ventajosa y la más económica desde el punto de vista de la cantidad de substancia aglomerante a emplear. Las ventajas, pues, de esta máquina consisten en presionar los aglomerados por los dos lados a una presión de 315 kilogramos por centímetro cuadrado, el preprocionar un aglomerado duro y reducir la proporción de aglomerante. El movimiento simultáneo de los pistones de los dos lados del molde, permite redondear todos los bordes, lo que evita que durante el transporte se originen pérdidas. Los bordes que, además de la presión directa ejercida sobre el resto del aglomerado, sufren una presión oblicua, resultan más duros y mejor comprimidos, lo que permite el uso inmediato del aglomerado, sin necesidad de almacenarlos para que con el tiempo se endurezcan.

En resumen, la prensa Middleton tiene un funcionamiento lento, lo que se traduce en poca producción, pero experimenta pocas averías y proporciona una compresión energética.

Prensa Révollier.— Esta prensa data de 1865 y permite efectuar presiones muy elevadas, apenas superadas por instalaciones modernas.

El distribuidor es una cuba cilíndrica de metal de tres metros de diámetro y treinta centímetros de altura, provista de doble fondo con objeto de poderla calentar por medio de vapor; su parte central está ocupada por un árbol vertical que recibe un movimiento de rotación muy lento y



que transmite a la plataforma que lleva los moldes y a una cruz de seis ramas, destinada a introducir en los moldes la pasta proveniente del malaxador.

La plataforma, que tiene tre metros de diámetro, se mueve por cuartos de vuelta alrededor de un eje vertical y contiene cuatro series de moldes, cada serie dentro de un círculo del mismo diámetro (1,20 metros) que el platillo de la prensa somete a la compresión; cada molde parcial es abierto por la parte superior y cerrado por abajo por medio de un fondo móvil, como en la máquina de David que hemos descrito; la sección del molde puede ser circular o rectangular, según la forma que se desee dar al aglomerado.

La plataforma debe moverse por cuartos de vuelta, con objeto de presentar sucesivamente cada una de las series de moldes ante el distribuidor de la mezcla, al verificador de la cantidad de ésta necesaria, ante el pistón compresor y, por último, a la operación de descarga de los moldes. Ese movimiento se consigue por medio de ganchos fijos o colocados en puntos convenientes de la plataforma y que, por intermedio de palancas, obran sobre un vástago para producir automáticamente, en el momento deseado, el avance o la parada de la plataforma.

Los pistones, que efectúan la compresión penetrando en el interior de los moldes, están colocados por grupos sobre cuatro platillos suspendidos debajo de la serie de moldes correspondientes; el esfuerzo ejercido por estos pistones sobre la masa de los moldes, tiene su punto de apoyo sobre

un fuerte muelle, unido por dos columnas a la placa genenal de fundación.

La prensa de descarga, como la prensa de compresión, está montada sobre la placa de fundación; está colocada en ángulo recto con respecto a la línea central, de manera o con el fin de situarse exactamente debajo de la serie de moldes en los cuales la materia acaba de ser comprimida, cuando la plataforma ha girado 90°. El diámetro del pistón de esta prensa es inferior al del pistón de la prensa de compresión, pero su curso es un poco más grande, con objeto de arrastrar los aglomerados por encima del nivel superior de los moldes.

El número de compresiones es de unas treinta por hora; el peso medio de todos los aglomerados producidos por una serie de moldes se eleva a unos 180 kilogramos, produciendo por tanto el aparato alrededor de cinco toneladas por hora.

Instalando dos máquinas idénticas de forma que puedan estar servidas por un mismo malaxador colocado entre ellas, se puede obtener una producción de diez toneladas por hora. Con una máquina de vapor de 60 caballos es suficiente para accionar todo el aparato, o sea seis caballos por tonelada y por hora. El servicios de una instalación doble exige aproximadamente veinte obreros.

Prensa Révollier modificada..- Al sistema que hemos descrito se le puede reprochar el que necesita una instalación mecánica costosa y complicada, así como gastos de conservación elevados y mucha mano de obra.

Para evitar, en parte, esta objeción y facilitar la generalización del sistema de compresión hidráulica, M Révollier reemplazó el movimiento circular de los moldes por un movimiento rectilíneo.

Esta disposición no exige más que el empleo de dos series de moldes; las operaciones de descarga y carga de la serie de moldes que salen de la prensa de compresión, se efectúan al mismo tiempo que se somete a la compresión la otra serie; la producción se aumenta así considerablemente, respecto del sistema de moldes giratorios.

En conjunto, el aparato de aglomerar se compone de tres cuerpos de prensa, dispuestos en línea recta. La prensa más fuerte es la que se encuentra en la parte central, que está destinada a la compresión; las otras dos, que sirven para la descarga de los moldes, no difieren de la primera más que por sus dimensiones.

Las tres prensas son accionadas por cinco bombas, de las cuales tres someten el agua a una presión de 40 atmósferas, mientras que las otras dos, más pequeñas, elevan esta presión hasta 600 atmósferas, en un depósito de presión o acumulador.

La presión de 40 atmósferas es suficiente para efectuar el vaciado de los moldes y para hacer recorrer al pistón de la prensa grande la mayor parte de su carrera, mientras que, para acabar la compresión, es ~~indispensable~~ indispensable una compresión mucho más fuerte. Un doble juego de válvulas permite aplicar a voluntad y sucesivamente la pequeña pre-

sión del principio y la grande del final; el empleo del acumulador presenta la ventaja inmediata de regularizar y acelerar la marcha del pistón.

Prensa Duppy.- Es una máquina de pistones y con moldes cerrados, en la cual todos los aglomerados se obtienen en un mismo molde.

Los pistones son de dos piezas, para permitir el paso del árbol y facilitar, además, el montaje; éstas dos piezas están unidas por medio de pernos. Los pistones están provistos en su extremidad de una placa para la compresión de un espesor de 32 centímetros.

Sobre el árbol van caladas dos dientes de acero colado en tal forma que cuando uno se encuentra al principio de la compresión, el otro termina en ese instante la descarga del molde. Estos dientes están provistos en sus costados de pequeños dientes que accionan a su vez a pequeños rodillos de acero, destinados a producir el movimiento de retroceso del pistón después del vaciado del molde. Delante de cada diente existe un rodillo de acero destinado a recibir la presión del diente y producir el movimiento de avance del pistón.

Cuando, por el movimiento de rotación, el diente principal, que acciona directamente el pistón, se encuentra colocado con extremo hacia abajo, la abertura de la cámara de aglomeración es máxima, lo que permite introducir en ella la pasta. Durante el retroceso del pistón, la pasta se coloca entre la cabeza del pistón y la entrada del molde.

Cuando el diente principal ha girado un cuarto de vuelta hacia la izquierda, el pistón no ha cambiado de lugar pero el diente empuja al rodillo colocado delante de él y la compresión comienza.

Cuando el diente principal tiene su extremo colocado hacia arriba, la compresión ha terminado y, continuando el movimiento de rotación del diente sin hacer avanzar el pistón, los dientes secundarios accionan las palancas.

Por último, cuando el diente principal ha girado todavía un cuarto de vuelta hacia la derecha, el aglomerado es arrojado fuera de la cámara de aglomeración. En ese momento los dientes de retroceso actúan y hacen accionar los rodillos colocados a los lados del pistón, consiguiendo la detención de éste.

En ese instante se encuentra todo como en la posición inicial y las fases que hemos descrito vuelven a reproducirse sucesivamente.

La presión que esta máquina puede suministrar, que es superior a los 100 Kilogramos por centímetro cuadrado, se regula merced a unos resortes Belleville, que van interpuestos o colocados entre el pistón y la cabeza del mismo a los cuales se les comunica una presión inicial de unos 80 kilogramos por centímetro cuadrado.

La cantidad de materia a aglomerar que se introduce en la cámara de aglomeración es regulada por medio de una plancha de hierro colocada debajo del distribuidor, que la

accionada por uno de los árboles destinados a producir el movimiento de rotación del platillo. La compresión dura, por consiguiente, un tiempo bastante largo y el exceso de agua de la pasta a aglomerar puede ser eliminado cuando la máquina marcha lentamente.

La rotación se consigue por medio de una serie de uñas o ganchos; la circunferencia del platillo giratorio está provista de dientes, cuyo número es igual al de alveolos; un gancho o uña, animado de un movimiento de vaivén, apoyándose contra los dientes por medio de un contrapeso y accionado por el árbol acodado verticalmente, que lleva también el distribuidor, penetra en esos dientes y empuja así el platillo hacia adelante. Aunque no existe ningún mecanismo especial para impedir que el platillo avance demasiado, tampoco es necesario puesto que se precisa un esfuerzo considerable para hacerle girar y las resistencias son suficientes para provocar su detensión. Para efectuar la descarga de los moldes, los pistones circulan sobre un plano inclinado estriado que les empuja hacia arriba; una paleta empuja el aglomerado hacia una deslizadera. La compresión comienza igualmente, en parte, por la acción de otro plano inclinado que actúa sobre los pistones.

No obstante las modificaciones que se efectuaron en esta máquina, la prensa Mazeline consume mayor cantidad de vapor que las máquinas en que la compresión se verifica por medio de una manivela que gira con movimiento continuo. La fuerza motriz necesaria oscila entre dos caballos y dos caballos y medio, por tonelada de aglomerados fabricados en una hora; pero el consumo de vapor total, es cuatro ve

Las reparaciones son asimismo frecuentes, sobre todo en lo que respecta al mecanismo necesario para conseguir el movimiento de rotación; es conveniente construir los ganchos o uñas de material tal, que, en caso de parada brusca, sean estas piezas las que se rompan preferentemente, porque se las puede reemplazar rápidamente y la máquina continúa marchando al cabo de algunos minutos solamente.

Prensa Stevens.- Esta prensa es análoga, en cuanto a su concepción, a la prensa Mazeline, pero es mucho más sencilla y ocupa menos espacio. Es del tipo de simple compresión y va provista de un tablero horizontal con moldes y con pistones de compresión verticales. Los pistones de compresión están colocados sobre un plano inclinado en el cual resbalan, y los moldes, cuando están llenos de pasta, descansan sobre una palanca, unida por medio de un árbol al pistón de vapor. El tablero tiene un movimiento periódico producido por un gancho, que engrana en unos entrantes practicados sobre los bordes del tablero de los moldes; este movimiento periódico tiene lugar merced a una manivela que sale del árbol vertical, que está en conexión con el pistón del cilindro de vapor.

La corredera del cilindro de vapor, que se encuentra abierta en el momento en que el pistón o émbolo de compresión descansa sobre la palanca, es movida horizontalmente por una excéntrica empotrada sobre el árbol vertical. Gracias a esta disposición, el desgaste de los discos de los pistones y de los moldes queda reducido al mínimo. El árbol del pistón y la palanca, descansan por su propio peso



sobre un taco de madera; la cadena que soporta el esfuerzo motor se enrolla sobre una polea. Los aglomerados producidos son sacados del tablero merced a una palanca accionada por un dispositivo montado sobre el árbol vertical; la palanca vuelve a su posición primitiva de funcionamiento gracias a una cadena con contrapeso que se mueve sobre la polea.

Prensa Yeadon.— Esta prensa, la primera que funcionó con doble compresión, fué construída por primera vez el año 1877.

El empleo del tablero de moldes vertical proporciona una ventaja que consiste principalmente en que el pistón de compresión obliga enérgicamente a entrar la carga desde el fondo del distribuidor al molde vacío opuesto, mientras que los tableros de moldes horizontales, corrientemente empleados, precisan un curso más largo para comprimirles. Cuando la masa ha llenado bien el molde, el pistón de compresión no recorre más que un curso pequeño, en comparación con las prensas de compresión sencilla, para comprimir el aglomerado, con lo cual no hay necesidad de que el tablero de moldes sea grande.

Durante el tiempo que el molde permanece lleno, la pasta es comprimida simultáneamente por los dos pistones, y la palanca empuja a los aglomerados sobre una tela o bastidor o bien sobre una tela sin fin. El pistón de compresión es accionado por la palanca y por el dispositivo que está calado sobre el árbol principal. Las bielas de acoplamiento de la palanca principal y del pistón de compresión

están provistas de resortes especiales, en espiral, dispuestos de forma a ceder en el momento que alcanzan la máxima presión, para conseguir lo cual la máquina es regulada convenientemente, evitando así toda avería en el caso en que un trozo de hierro, o una substancia dura cualquiera, pasa al mecanismo a través de la pasta.

Para impedir que el tablero de moldes se mueva durante las operaciones de carga, compresión y descarga de los moldes se ha dispuesto un movimiento de cerradura, que consiste en que un dedo engrana en los entrantes de que está provista la circunferencia del tablero moldeador; este dedo está constantemente apretado contra el tablero de moldes por medio de una palanca y de un contrapeso; ese dedo puede separarse y dejar de apretar el tablero, por medio de una palanca que es elevada por uno de sus extremos y bajada por el otro, merced a un mecanismo calado sobre el árbol del volante.

Estas máquinas fueron construidas para comprimir aglomerados de gran tamaño. Existen cuatro modelos de prensas Yeadon, capaces de producir respectivamente 25, 50, 100 ó 200 toneladas de aglomerados por hora.

Prensa Bietrix-Couffinhal.— Esta máquina actúa en los últimos modelos creados, comprimiendo el aglomerado simultáneamente por sus dos caras opuestas. Es puesta en movimiento por un árbol que mueve dos manivelas accionando a su vez dos bielas. Estas bielas transmiten su movimiento a los balancines. El pistón compresor y el pistón que verifica la descar-

ga del molde, siguen los movimientos de estos balancines a los cuales están unidos.

Cuando la compresión se produce, por causa del descenso de los balancines superiores y del pistón compresor, llega un momento en que la cara superior del aglomerado se encuentra o alcanza el límite superior de su compresión, por efecto de la resistencia que opone el pistón inferior, que se traduce en el frotamiento del carbón sobre las paredes del molde; en este momento, la cara inferior está menos presionada que la cara superior y se origina una reacción; esta última cara alcanza un punto fijo, y el pistón, unido a un contrabalancín relacionado a su vez con el balancín superior por intermedio de una biela, sube hasta que la presión que se desea alcanzar se haya obtenido. La presión es por consiguiente la misma sobre las dos caras prescindiendo naturalmente del peso de las piezas.

Para regular la presión, es decir, con el fin de poder graduar el esfuerzo de compresión según la calidad de los carbones utilizados, se emplea un cilindro hidráulico que proporciona una cierta elasticidad a las bielas; con este objeto, el eje del balancín superior puede desplazarse en un agujero practicado sobre las bielas. Este eje está en relación con el pistón de un cuerpo de prensa hidráulico. El cuerpo de prensa, unido a las bielas, lleva dos válvulas que se abren en sentido contrario, las cuales sirven una para la admisión de agua y la otra, provista de un contrapeso, está reservada la descarga.

Cuando la presión máxima es alcanzada, o si el pistón moldeador, en su compresión, encuentra una resistencia superior a la reacción que puede oponer el agua contenida en el aparato, cuyo límite viene dado por el peso de los resortes que cargan la válvula, esta válvula se levanta dejando escapar un poco de agua, y el pistón sube con el balancín hasta que el botón de la manivela ha franqueado el punto muerto; conseguido esto, la válvula vuelve a cerrarse y todo el sistema desciende por su propio peso. El pistón hidráulico aspira, al descender, el pequeño volumen de agua expulsada, que entra por la válvula de aspiración situada en el interior. Esta disposición constituye un regulador de presión extremadamente práctico. Es conveniente, para evitar los frotamientos y el desgaste consiguiente, que al agua contenida en el cilindro se le adicione una cierta cantidad de jabón.

La compresión en la prensa se verifica en tres tiempos:

- 1.- El pistón compresor superior es el que actúa únicamente
- 2.- El pistón inferior sube hasta que la presión sea igual en las dos caras.
- 3.- El pistón del cuerpo de prensa entra en el cilindro hidráulico.

La orientación o el gobierno del platillo moldeador está asegurada por medio de un tambor provisto de ranuras de forma particular que actúan sobre los salientes fijos al platillo, cuyo efecto es comenzar el desplazamiento con una velocidad que crece de un modo uniforme hasta alcanzar un valor máximo, a partir del cual vuelve a descender, pasando

por los mismos valores en sentido inverso, hasta adquirir la del momento de partida. La curva que expresa la relación del movimiento se compone de dos parábolas. Durante la compresión los salientes del platillo moldeador se encuentran en una posición tal que las ranuras se sitúan en un plano perpendicular al eje del tambor, quedando inmóvil el platillo.

El movimiento de los aparatos de compresión podríaen conseguirse por medio de un motor especial, pero para evitar la formación de humos y gases, que deterioran los mecanismos, es preferible que se consiga por medio de un árbol de la transmisión general de la fábrica.

Los platillos de las prensas de doble compresión, suelen tener de doce a catorce moldes, y la forma de éstos responde a las exigencias de los tipos comerciales en uso.

Los alveolos de los moldes acaban por desgastarse poco a poco, a causa del frotamiento del carbón contra sus paredes sobre todo, cuando las partículas mezcladas con el carbón son muy duras. Este desgaste puede llegar a ser de medio a un milímetro por año. No tiene importancia mientras es pequeño, pero cuando llega a dos y medio o tres milímetros, es conveniente repasar los moldes, para evitar que los aglomerados obtenidos sean defectuosos. Se consigue remediarlo, bien forjando nuevamate los alveolos, o bien recubriéndolos con forros o bandas de bronce, que se remachan cuidadosamente por encima y por debajo del platillo.

Es necesario refrigerar los dos pistones compresores para impedir que la pasta se adhiera en su superficie. Sus extremos están pulimentados y reciben una corriente de agua por intermedio de unos tubos flexibles de caucho. Merced a esta disposición, se consigue obtener una superficie en los aglomerados perfectamente lisa, y que las ranuras o marcas diversas que se desee grabar sobre ellos, se consigan perfectamente claras.

Las prensas Bietrix producen, según el tamaño del modelo que se emplee, 18, 50, 90 ó 150 toneladas cada 12 horas de trabajo. Los pesos de los aglomerados varían, como es lógico, con el molde empleado.

La pasta debe contener un mínimo de 1,5 por ciento de agua, y un máximo del 3 por ciento. La proporción de brea a emplear oscila entre el seis y el nueve por ciento, dependiendo de la calidad de los productos que se desean obtener, así como de la naturaleza del carbón utilizado.

Cuando la proporción de brea es de un ocho a un nueve por ciento, y la presión por centímetro cuadrado varía entre ochenta y ciento veinte kilogramos, la cohesión de los aglomerados obtenidos oscila entre 52 por ciento y 65 por ciento.

Prensa Couffinhal de triple compresión.— La máquina se compone, esencialmente, del tablero o platillo moldeador que constituye la parte principal; del núcleo que soporta las guías de los pistones y del émbolo sobre el cual descansa el conjunto del mecanismo y de las transmisiones. El platillo va colo-

cado verticalmente y presenta numerosos alveolos situados en el plano medio. El llenado de los moldes, la compresión y la descarga, se verifican en sentido radial. El funcionamiento general del aparato es el siguiente.

Un árbol de dos codos, movido a si mismo por un primer árbol motor provisto de volante, polea y piñón, acciona, por medio de bielas, un engranaje unido por sus extremos a los pistones superior e inferior de alta compresión. El mismo movimiento horizontal de las bielas efectúa a la vez la introducción y el primer enrasamiento de la materia en los alveolos, la compresión sobre las dos caras, y por último la descarga sobre el tablero de salida de los aglomerados.

Después de cada compresión, el platillo se desplaza una división, por medio de un diente especial que, por su configuración, mantiene el platillo en posición fija después de sus desplazamientos angulares.

El pistón inferior de alta compresión, está unido a la articulación superior del engranaje antes mencionado, por tirantes que transmiten directamente la reacción producida a consecuencia del esfuerzo ejercido por el pistón superior sobre el aglomerado. Este aglomerado resulta así comprimido por sus dos caras superior e inferior.

Un dispositivo elástico, compuesto de resortes Belleville está intercalado entre el fondo y el pistón inferior. Estos resortes pueden graduarse a voluntad, con el fin de obtener



la compresión deseada. Permiten una compresión progresiva que culmina con el bloqueamiento completo del engranaje. El esfuerzo de tensión máxima se prolonga bastante, puesto que el paso de los puntos muertos respectivos de las bielas y del engranaje, se efectúa de un modo simultáneo. Además, la presión se mantiene mientras dura la expansión de los resortes.

El número de pares de cada grupo de resortes es suficiente para dar, como precaución, y sin esfuerzo excesivo, la flexión normal necesaria en el caso eventual en que un cuerpo extraño se introduzca en la materia e impida la aproximación de los pistones o émbolos compresores. Estos resortes reemplazan al cuerpo de prensa hidráulico.

Para conseguir marcas o guías de rotura sobre las caras del aglomerado, tiene, independientemente del movimiento de reacción del pistón compresor inferior, un movimiento mecánico este pistón, que se consigue por medio de dos palancas dentadas que le levantan y le obligan a penetrar ligeramente en el alveolo antes de que tenga lugar la acción compresiva. Las mismas palancas permiten al pistón ladearse en el momento en que el platillo o tablero debe efectuar un desplazamiento. Las palancas dentadas son accionadas por medio de dos salientes que llevan los juegos de las bielas que salen del eje del pistón de descarga.

La materia a aglomerar cae desde la tolva distribuidora a la caja dosificada, cuyo volumen se gradúa a voluntad. El pistón correspondiente empuja la materia en el alveolo, tasanola y llenando su capacidad. Se consigue así una primera com-

presión. El aglomerado así comprimido se sitúa, después de algunos desplazamientos sucesivos, entre los pistones de alta compresión que actúan simultáneamente bajo el efecto del engranaje. Se pueden conseguir hasta trescientos kilogramos de presión por centímetro cuadrado sobre cada una de las caras del aglomerado. Después de verificar todavía el platillo algunos desplazamientos más, el aglomerado se sitúa ante el pistón destinado a vaciar el molde, que lo presiona, sin saltos ni golpes, sobre el tablero o bastidor fijo, destinado a dar salida al producto; desde allí puede ser conducido, por una correa sin fin hasta el lugar de carga o de almacenaje.

La prensa que acabamos de describir se presta muy bien a la fabricación de aglomerados de pequeño tamaño para uso doméstico; basta con establecer un platillo con múltiples alveolos, de manera que, a cada golpe de pistón se obtengan varios aglomerados en lugar de uno solamente. Esta prensa permite, igualmente, por un sencillo cambio del platillo con alveolos, y de los pistones destinados a la compresión y a la descarga de los moldes, fabricar aglomerados perforados.

Prensa doble de Blanzý.— Con el fin de aumentar la producción que alcanzaba la cifra de nueve a diez toneladas por hora con las prensas Bietrix de tipo de seis kilogramos, en las minas de Blanzý se estudió una prensa del modelo de Couffinhal perfeccionada susceptible de mayor producción que la de los modelos precedentes.

La máquina es una prensa de moldes cerrados. Está acondicionada para producir a la vez la compresión de dos aglomerados, manteniendo, sin embargo, una independencia absoluta entre los órganos de compresión. Se consigue así una presión igual para todos los aglomerados, a pesar de las desigualdades que existan en el llenado de los moldes.

Todos los movimientos que caracterizan a la prensa Couffinhal se han conservado; pero, mientras en esta última un aglomerado se encuentra comprimido entre un par de balancines con cilindro hidráulico como regulador de presión, la prensa doble de Blanzky posee dos grupos con dos balancines, que tienen cada uno su cilindro hidráulico completamente independiente. El tamaño de los aglomerados obtenidos depende y varía con la cantidad de mezcla introducida, así como con el grado de compresión.

Con una velocidad de veintiseis vueltas de diente, se consiguen cincuenta y dos aglomerados por minuto.

#### Prensa Crozet.-

La prensa Crozet presenta cierta analogía con las prensas Biatrix y Mazeline. Como en estas últimas, la compresión se efectúa sobre un platillo giratorio que contiene un cierto número de moldes o alveolos. Cada alveolo lleva un piston o émbolo que sirve a la vez para la carga y la descarga del molde; no es, pues, necesario como en las máquinas Biatrix, que el platillo se detenga durante la compresión en una posición ab-

solutamente fija. El juego entre el émbolo y los moldes puede ser reducido al mínimo.

El movimiento de rotación es producido por una corona accionada por intermedio de engranajes elípticos; se ha tratado, por este dispositivo, de conseguir un arranque lento, evitando los golpes, una velocidad de rotación grande y una detención lenta del platillo, así como la colocación, sin golpe del platillo, de un nuevo aglomerado para la compresión. No existe ningún mecanismo especial para impedir que el platillo sobrepase, bajo la acción de la inercia, la posición determinada para su detención, consiguiéndose ésta merced al frotamiento del émbolo.

Cada uno de los pistones compresores viene cada vez a reposar sobre el balancín. La presión se efectúa de abajo arriba. El movimiento es transmitido por intermedio de un balancín, que recibe en uno de sus extremos la acción de la biela motriz y lleva, en el otro, el pistón regulador de presión. Este pistón, en lugar de ser hidráulico, soporta la presión del vapor, mantenido a una presión constante por medio o merced a un expansor, con el vapor, se consigue más fácilmente un desplazamiento importante o grande del pistón regulador; la duración de la compresión puede ser aumentada, lo que permite expulsar una fracción del agua contenida en la pasta y de trabajar empleando carbón más húmedo, que no lo permiten, generalmente, las prensas que actúan a gran velocidad.

Una caja de grasa colocada sobre el árbol de transmisión,

lubrifica cuando surge una resistencia excesiva, que podría ocasionar una ruptura.

### Prensa Roux Veillon

En esta prensa, de doble compresión, la presión hidráulica sirve a la vez de órgano de transmisión del movimiento y de regulador de presión. Dos pistones sumergidos previenen de los accidentes a que están sujetas las máquinas con palancas.

Uno de los pistones sumergidos recibe un movimiento del árbol motor, por medio de un codo y de una biela. El agua introducida en el cuerpo de bomba, eleva el otro pistón, así como la columna que forma cuerpo con el pistón. Una válvula de escape, provista de resortes Belleville, y una válvula de admisión sirven para regularizar la presión sobre el aglomerado análogamente como con el cuerpo de prensa de las máquinas Bietrix. Una columna actúa por su vértice sobre el balancín que lleva el émbolo inferior; éste último tiene un curso que es los dos tercios del curso del émbolo superior. Después de la compresión, el émbolo motor se eleva; el descenso del otro émbolo es producido primeramente por el movimiento del agua y enseguida por un pequeño balancín provisto de bielas, no puede existir una unión rígida entre los émbolos a causa del agua que se escapa por la válvula.

La rotación del platillo se efectúa por medio de una corona: una manivela comunica un movimiento de vaivén a un resorte que obra sobre los entrantes situados en la circunferencia del platillo. Este sistema, empleado como hemos visto en otras prensas, presenta el inconveniente de no precisar

la posición de parada o detención del platillo, y, si la velocidad es grande, el platillo avanza más que el extremo del resorte. Una pequeña palanca acodada sirve para evitar este inconveniente; uno de los extremos de esta pequeña palanca está presionando sobre el eje del resorte, y el otro extremo se sitúa delante de uno de los entrantes del platillo, consiguiendo fijar con precisión el punto de detención de éste.

Los émbolos presionantes tienen una circulación de agua y dan 15 a 18 golpes por minuto. La descarga de los moldes se efectúa de arriba a abajo, al mismo tiempo que el molde es llenado por medio de un pistón situado en la prolongación del balancín superior.

Esta prensa, que presenta mucha analogía con la máquina Biatrix, desde el punto de vista de un funcionamiento, quizás tan complicado, da buenos resultados. Proporciona, empleando una pasta con 1,7 por ciento de agua y 6,6 por ciento de brea, aglomerados cuya cohesión es del 60 por ciento. La presión varía entre 110 y 120 kilogramos por centímetro cuadrado. Reduciendo la proporción de brea, se alcanzan cohesiones de un 45 por ciento.

#### Prensa de M. Henry

Esta prensa fué empleada para la fabricación de briquetas de pequeño tamaño y gran cohesión, lograda con pequeñas cantidades de materia aglomerante.

La máquina de M. Henry fué proyectada con el fin de mezclas secas y pobres en materia aglomerante, pequeñas briquetas,

de un peso aproximado de 200 gramos, de cohesión grande y regular, con objeto de suministrar, en esas condiciones, una producción relativamente considerable, con respecto al peso de la prensa.

Esta máquina se compone de un mínimo más o menos grande de elementos idénticos entre sí, cada uno de los cuales contiene dos moldes.

Cada molde es fijo y está formado por un cilindro horizontal abierto en sus dos extremos y provisto, en su parte central, de una tolva destinada a la carga. Por uno de sus extremos penetra el pistón compresor, que es empujado por una excéntrica; el otro extremo puede ser sucesivamente cerrado y abierto merced a un pistón obturador, movido por un diente cuya forma es tal que el molde permanece cerrado durante el período de compresión, y se abre rápidamente cuando el émbolo compresor termina su curso empujando a la briqueta. Los árboles que llevan la excéntrica y el diente de rueda, son solidarios en sus movimientos por medio de dos engranajes.

Al principio, la mezcla a comprimir llena el molde, que se encuentra cerrado por el pistón obturador. El pistón compresor comienza su movimiento de avance, dando lugar a la formación del aglomerado por compresión de la pasta, entre el pistón compresor, que continúa su curso y el obturador que aún no ha empezado su movimiento de retroceso.

A continuación, el obturador se desprende del molde y



el pistón compresor avanza hasta el final de su carrera y expulsa la briqueta. En este momento la máquina ha efectuado media revolución. Durante la otra media revolución que sigue, el pistón compresor retrocede, el obturador vuelve nuevamente a cerrar el molde, la mezcla necesaria para la formación de un nuevo aglomerado penetra en el molde y, al terminar la media revolución, las cosas se encuentran como al principio de nuestra descripción.

La forma simétrica del diente de rueda del pistón obturador, permite utilizarle para servir otro segundo molde. Un elemento de la máquina se compone también de dos compresores simétricos, trabajando alternativamente durante una media vuelta, y de un diente de rueda central que acciona a los obturadores. Se pueden acoplar, sobre los árboles, tantos elementos semejantes como se desee, según la producción que se quiera obtener. Se debe variar el ángulo de calage de las excéntricas de un elemento a otro, con el fin de repartir de un modo uniforme durante cada rotación el esfuerzo motor.

La prensa está regulada para una compresión de 300 kilogramos por centímetro cuadrado. Para conseguir este efecto, los obturadores se apoyan sobre rodajas Belleville, cuya flexión no es posible más que para esfuerzos de 300 kilogramos por centímetro cuadrado, ejercidos en el extremo del pistón. Para cerciorarse de que esta presión es alcanzada, es suficiente, por consiguiente, observar las rodajas fle-

xadas en cada compresión; y, para obtener este resultado, no hay más que introducir en el molde una cantidad de mezcla tal que, después de la compresión, el aglomerado resulte un poco más largo que el espacio mínimo que a él le está reservado entre el pistón y el obturador. Este espacio mínimo es de 45 milímetros y el aglomerado de 250 gramos tiene una longitud de 50 milímetros.

Por consiguiente, si se introduce en el molde 250 gramos de mezcla, se podrá asegurar si las rodajas Belleville se flexionan cinco milímetros que el aglomerado está sometido a una presión de 300 kilogramos por centímetro cuadrado.

Se regula la carga de cada molde por medio de una corredera distribuidora, accionada directamente por medio del émbolo compresor. Al final del período de compresión, su capacidad se llena con la mezcla almacenada en la tolva superior y, cuando el pistón se retira, esta cantidad se vacía en la tolva inferior. Para variar la capacidad del molde, basta, por consiguiente, modificar la cabida de la corredera distribuidora, lo que se consigue por medio de una llave de rosca de que está dotada la caja de la corredera, que aproxima o separa una de sus paredes. Se aumenta o se disminuye la capacidad, según que la mezcla sea más o menos compresible, en relación con su grado de humedad, o de la cantidad de brea que contenga, y hasta que se obtenga una flexión regular de las rodajas Belleville del obturador.

Al lado del molde, existe una pequeña palanca o resor-

te que gira alrededor del resorte de aquel cada vez que el pistón compresor hace saltar su extremo o talón al final del período de descarga, y cuya cabeza actúa en ese momento y sirve para expulsar los aglomerados obtenidos.

Los émbolos compresores deben estar constantemente refrigerados durante la marcha, por medio de una corriente de agua.

Una prensa de este tipo, con dos elementos solamente, produce diez y ocho toneladas de aglomerados en diez horas, a una velocidad de treinta vueltas por minuto si la mezcla a comprimir contiene un 3 % de agua y un 5 % de brea, la cohesión de los aglomerados obtenidos es del 80 % y aún mayor.

### Tercer tipo - prensas con moldes abiertos

El tercer tipo de las máquinas de aglomerar está fundado en el empleo de pistones que actúan sobre moldes abiertos.

#### Prensa Evrard

Esta prensa, que produce aglomerados de forma cilíndrica, sirvió para la instalación de las primeras grandes fábricas de aglomerados que funcionaron en Francia (Chazotte) y las tre fábricas de la Compañía Paris-Lión-Mediterráneo: Chasse Courbessouac y Brassac)

Los pistones compresores oscilan delante de la entrada de los moldes que son abiertos por sus dos extremos. Cuando el pistón, en su movimiento, deja abierta la entrada de los moldes, una cierta cantidad de carbón cae entre el pistón y

el aglomerado ya formado; este carbón, comprimido y empujado hacia adelante por el pistón, presiona al mismo tiempo el aglomerado. Los moldes tienen una sección circular de diez a doce centímetros de diámetro y una longitud igual a cuatro o cinco veces su diámetro.

Los pistones que comprimen la pasta en los moldes, están provistos de una cabeza dentada con el fin de facilitar la soldadura de los trozos sucesivos, que llegan a formar un cilindro continuo que se corta a la salida del molde al tamaño deseado. Reciben un movimiento alternativo y rectilíneo por medio de un eje montado encima del árbol motor. Al quitar el molde, el aglomerado cilíndrico obtenido cae sobre una chapa giratoria, después de cortado a la longitud deseada por una barra cuadrada.

La intensidad de la compresión es regulada por el frotamiento del carbón contra las paredes del molde. A este fin, el extremo del molde está construido por dos piezas, de las cuales una, que es móvil, se mantiene apretada por medio de pernos o por una barra perpendicular que actúa como un resorte. Esta disposición aumenta el frotamiento a la salida y permite hacer variar la presión en los moldes.

Cada prensa lleva seis moldes dispuestos circularmente alrededor de un árbol vertical sobre el cual va montada una excéntrica cuyo collar mueve las bielas que accionan los seis pistones compresores. Se fabrican a la vez, por consiguiente, seis cilindros de aglomerados y la máquina es susceptible de

una producción de 150 a 160 toneladas cada diez horas.

En la fábrica de Chasse se conseguía una producción de 1200 toneladas diarias, empleando cuatro prensas Evrard que exigían una instalación mecánica muy sencilla y reducida. La fuerza motriz total necesaria para accionar cuatro prensas y sus accesorios, es de 240 caballos.

Las prensas Evrard funcionan con brea fundida, empleando de un 8,5 % a un 9 % de brea. La pasta debe contener de un 5 % a un 6 % de agua, para que el delizamiento del cilindro de aglomerado obtenido se consiga o efectúe bien y la fabricación resulte regular y continua.

Una de las principales ventajas de las máquinas Evrard consiste en la gran homogeneidad de los aglomerados obtenidos cuya densidad se eleva hasta 1,36, gracias al débil espesor de la capa sobre la que se efectúa la compresión.

Pero su empleo obliga a utilizar casi siempre una brea grasa, o con una mezcla de brea seca y alquitrán, lo que hace difícil la combustión sin humos. Además existe una pérdida de fuerza considerable a causa del empleo de una excéntrica. Esta pérdida es sensiblemente igual al trabajo que exige la presión de la pasta en los moldes. Así por ejemplo, operando con la pasta de brea grasa, la prensa exige de seis a siete caballos por tonelada y hora. No obstante estos inconvenientes, la máquina Evrard dió muy buenos rendimientos.

Prensa Bourriez

Existen varios modelos de esta máquina, uno de los cuales lleva un perfeccionamiento que fué ideado por M. Guinotte.

La prensa Bourriez, lo mismo que la prensa Lvrard, es una prensa con molde abierto, en la cual la intensidad de la compresión es regulada por el frotamiento del aglomerado contra las paredes del molde. Los dos moldes, paralelos y horizontales, tienen una sección de veintidós por quince centímetros, y una longitud de un metro con sesenta y siete centímetros. Estos moldes llevan una parte inferior fija y una parte móvil, presionada por medio de dos palancas con contrapeso. Un émbolo, cuyo curso de treinta centímetros penetra en cada uno de los moldes y produce en cada golpe un aglomerado de quince centímetros de longitud, haciendo avanzar la misma longitud, a la pasta contenida en el molde. Los dos pistones son movidos por un árbol de dos codos, que van calados a 180 grados. El árbol de los dos pistones lleva un aparato hidráulico que tiene por fin hacer trabajar las manivelas y las bielas igualmente en los dos sentidos; cuando el pistón avanza para producir la compresión de la pasta, es ayudado por la presión del agua contenida en el pistón hidráulico. Cuando el pistón retrocede, su movimiento es retardado por la resistencia del agua, que hay contenida en la capacidad engendradora por el otro pistón que se mueve en sentido contrario.

Los movimientos de los dos pistones paraalelos, no son completamente simétricos. Para obviar este inconveniente, M. Guinotte ideó un pequeño flotador, de veinticinco centímetros de diámetro, provisto de un contrapeso, que regulaba el des-

gaste y la tensión del árbol acodado.

Los moldes se desgastan rápidamente por causa del frotamiento del carbón; es preciso afinarlos cada seis semanas para evitar el desgaste desigual de los mismos. La compresión expulsa una cierta cantidad del agua de la pasta, que lleva una proporción, a su entrada en la prensa, de 8 % de brea y de 13 % a 14 % de agua. Los aglomerados caen, a su salida del molde, sobre una tela sin fin situada en la prolongación del molde.

Existe una variante de la prensa Bourriez, que se diferencia de la precedentemente descrita por la presión de un molde, de un codo en el árbol de mando y del aparato hidráulico. Se utiliza un modelo de una prensa de este género en la fábrica de Eilers. El curso del pistón es de treinta centímetros; en doce horas la máquina produce cien toneladas de aglomerados, empleando carbones con un 13 % de materias volátiles, a las cuales se les añade una cantidad de brea que representa el ocho y medio por ciento de la mezcla.

La prensa Bourriez, que se utiliza mucho en Bélgica, da excelentes resultados en los productos, con una mano de obra muy reducida, cuando se utilizan carbones de humedad media. Consume, sin embargo, casi un uno por ciento de brea más que las prensas con molde cerrado.

#### Cuarto tipo - Prensas de aglomerados perforados

Se obtienen las perforaciones de los aglomerados de tres



maneras diferentes

- 1.- Después que los aglomerados han sido comprimidos
- 2.- Durante la compresión
- 3.- Antes de la compresión.

En este último caso, las brocas de perforación se colocan en el molde antes de que el pistón de compresión entre en acción.

Cuando las perforaciones son redondas y de pequeñas dimensiones, y las brocas de perforación deben atravesar el aglomerado comprimido, existe gran peligro siempre de quebrarse las brocas; este peligro se disminuye mucho si se efectúan las perforaciones durante la compresión; pero en este caso, la dificultad consiste en que las brocas de perforación se engrasan, sobre todo por el lado posterior.

Las perforaciones afectan diferentes formas; unas veces son circulares, otras cuadradas o en forma de rombo, etc.

Las perforaciones se obtienen fácilmente con brocas fijas colocadas dentro de los moldes, cuando se trata de la prensa Dupuy, si se utilizan prensas Biatrix, se ha recurrido al pistón del sistema Place. Las brocas cuando están en correspondencia con los agujeros, son movidas directamente por las bielas, o por medio de un balancín. El pistón que debe actuar sobre la cara superior de los aglomerados, es conducido sobre las brocas y presionado, de arriba a abajo, por medio de resortes fuertes fijos a las brocas, sostenidos por contrapesos. Después que las brocas han penetrado en los moldes, el pistón se pone en contacto con la pasta, que comprime accionando los

resortes. Antes de que el pistón abandone la cara superior del aglomerado, lo que facilita el vaciado del molde.

#### quinto tipo - Prensas para ovoides

Estas máquinas se basan en un principio distinto del de las prensas que hemos expuesto anteriormente. La pasta es moldeada en los alveolos practicados en la superficie de dos cilindros, que giran tangencialmente en sentido contrario y con velocidades iguales.

Las primeras máquinas construidas con este modelo, para la obtención de aglomerados, no dieron resultado, a causa del consumo exagerado de brea, así como de la cantidad de desperdicios que originaban. Se las utiliza actualmente para la fabricación de ovoides aplastados.

Esta forma, favorece el vaciado de los moldes y disminuye el consumo de brea, presentando los ovoides una gran resistencia. Las máquinas de aglomerados ovoidales, son de origen belga y existen tres modelos principales, construidos por las casas Robert (de Gilly), Fouquemberg (de Wasmes) y Zimmermann-Hanrez (de Montceau-sur-Sambre)

#### Prensa Zimmermann-Hanrez

En la máquina Zimmermann-Hanrez, de Montceau-sur-Sambre los dos cilindros moldeadores son accionados por dos engranajes iguales que tienen el mismo diámetro que los cilindros y giran a la velocidad de cinco vueltas por minuto. Con estas

máquinas se utiliza la brea seca (en cantidad que oscila entre el 6 % y el 8 %), el calentamiento es a base de vapor. El malaxador, colocado encima de los cilindros, está en correspondencia exacta con ellos; la pasta se distribuye así por el movimiento mismo de los cilindros, y cae, antes de la compresión, en un recipiente colocado debajo de los cilindros. Hay que vigilar que la superficie de los alveolos esté bien lisa y que la pasta tenga el grado de humedad deseado, si se pretende que el vaciado de los moldes se efectúe con facilidad. Una parrilla de barras fijas, colocada debajo de los cilindros correspondientes, retiene los sobrantes debidos al juego existente entre los dos cilindros, así como los trozos de aglomerados que se quiebran al salir de los alveolos. Teniendo en cuenta los desperdicios o pérdidas de fabricación, cuya importancia es del orden del 4 % una máquina Zimmermann construída en Blanzky, producía siete toneladas por hora; la fuerza motriz empleada es de treinta y seis caballos, a plena carga y de diez y nueve caballos marchando en vacío.

#### Prensa Fouquemberg

Esta prensa se compone de dos rodillos que giran, en sentido inverso, apoyándose uno contra otro, que tienen sus superficies cubiertas, simétricamente de semimoldes, dispuestos como los alveolos. Los semimoldes de uno de los rodillos coinciden exactamente, en la línea de contacto, con los del otro rodillo, con objeto de encerrar y moldear la materia a aglomerar.

Los ovoides formados quedan libres de girar los cilindros y la evacuación de los moldes se efectúa de un modo natural por efecto de la gravedad.

El aparato es accionado por un árbol que lleva dos tornillos sin fin, los cuales arrastran en sentido inverso a dos engranajes helicoidales, acoplados sobre los árboles de los rodillos o cilindros moldeadores.

El árbol que lleva los dos tornillos sin fin inversos, no tiene garganta y puede, por consiguiente, desplazarse longitudinalmente. Cuando los tornillos sin fin y los engranajes tienen la misma dureza, los tornillos sin fin, trabajando en sentido opuesto o inverso, se desgastan por igual, con lo cual se consigue mantener los semimoldes de los dos rodillos en coincidencia perfecta. Pero si los tornillos sin fin y las ruedas helicoidales se desgastan desigualmente, es suficiente efectuar un desplazamiento longitudinal del árbol de los tornillos sin fin, para conseguir que se mantengan los dos rodillos en correspondencia exacta, o mejor dicho, los semimoldes. En efecto, si se hace deslizar horizontalmente el árbol en un sentido, el tornillo sin fin obliga a girar, como lo haría una cremallera, a las ruedas helicoidales en el mismo sentido; los tambores moldeadores siguen ese movimiento y los semimoldes tienen tendencia a aproximarse. Existe un momento en el cual los semimoldes se corresponden exactamente.

Si los rodillos son accionados el uno por el otro, por medio de engranajes corrientes, el desgaste de los dientes

de los engranajes tiene por efecto hacer subir los semimol-  
des de uno de los rodillos y descender los del otro, y como  
los moldes ya no se corresponden, se obtienen los aglomera-  
dos muy irregulares.

Este inconveniente se remedia con el sistema Fouquemberg  
Los tornillos sin fin de este sistema simplifican considera-  
blemente la transmisión del movimiento a los rodillos, que  
efectúan cuatro rotaciones mientras los tornillos sin fin  
dan ciento.

Los tornillos sin fin están constantemente sumergidos  
en aceite; son de acero, igualmente que las ruedas helicoi-  
dales. El método de regulación empleado permite utilizarles  
hasta su límite de resistencia.

Los palieres de los árboles de los rodillos motores, tie-  
nen recuperación de juego, lo que presenta la ventaja de re-  
mediar el desgaste de los cojinetes, por medio de tornillos  
de regulación, y de mantener constantemente a los rodillos a  
una separación conveniente.

Dispositivos diversos de las prensas para la fabricación de  
ovoides.

Cuando se emplea el vapor recalentado para economizar  
brea, la pasta sale muy caliente del malaxador y aunque sea  
conducida al malaxador por un tornillo sin fin conectado con  
un pequeño aspirador de vapor, calentaría aún más los cilin-  
dros y haría el vaciado de los moldes muy difícil. Con el fin



de evitar este inconveniente, los cilindros no son macizos, para que puedan ser refrigerados lentamente, por medio de una circulación de agua que se gradúa a voluntad.

Los cilindros permiten fabricar aglomerados de todas las formas que se desee, pero de todas ellas, la ovoide un poco aplastado es la que se ha consagrado por el uso.

Se pueden también fabricar aglomerados huecos, es suficiente, para ello, suspender un peine de barras redondas entre los rodillos; los aglomerados se moldean alrededor de estas barras como si fuesen grandes perlas.

La fabricación de ovoides perforados es una complicación que se puede evitar haciendo el ovoide más delgado. Además en los hogges, estos pequeños aglomerados no tienen entre sí más que muy pocos puntos de contacto, y dejan, por consiguiente, bastantes espacios vacíos que hacen innecesaria la perforación.

La forma ovoide del aglomerado permite utilizar en su fabricación incluso carbones malos. Por ello el aparato de M. Fouquemberg se difundió muy rápidamente, principalmente en Servia y en Hungría.

Entre las prensas para la fabricación de ovoides citaremos las de Huttemann y Spieker, y las de Mulheim y Zimmermann. La Sociedad de Construcciones Mecánicas de Alais, utiliza una prensa para aglomerar que se compone de dos o cuatro platillos circulares, acoplados sobre dos ejes paralelos y que giran

tangencialmente en sentido contrario; estos platillos, que son accionados por medio de unos engranajes, llevan en su periferia alveolos cuya capacidad es de de un semimolde. Una corredera asegura el desplazamiento de los alveolos y evita los atrancos, actuando por encima del contacto de cada par de platillos.



- SUBSTANCIAS AGLOMERANTES -  
=====

- SUBSTANCIAS AGLOMERANTES -  
\*\*\*\*\*

Las características fundamentales que deben reunir los aglomerados, nacidas unas de su propia naturaleza, derivadas otras de las aplicaciones a que dichos aglomerados se destinen, son consecuencia o producto de una serie de factores que, actuando en proporciones distintas, pero complementarias, las originan. De tales características o condiciones, las que se traducen en que el aglomerado sea compacto; homogéneo en su aspecto y en su constitución; duros; sonoros; no erosionable ni desintegrable bajo la acción de golpes o choques, o de agentes exteriores tales como el calor y la humedad; que den poca o ninguna cantidad de humos y olores; proporción de cenizas; etc., son consecuencia, casi íntegramente, de la sustancia aglomerante que se utilice.

El problema de la aglomeración, al menos hasta los momentos actuales, ha sido siempre un problema de aglomerantes, lo que confirma la importancia que a este factor asignamos. Considerado ya el problema como directamente ligado a las sustancias aglomerantes, su resolución se complica cuando el aglomerante elegido es de difícil adquisición, o ésta ha de llevarse a cabo en condiciones inadmisibles

desde el punto de vista económico.

De todas las sustancias aglomerantes que se han utilizado desde los primeros tiempos de la aglomeración, el alquitrán bruto, la brea grasa y la brea seca son los únicos que la práctica ha consagrado.

El empleo del alquitrán se remonta al año 1833. Pero en el año 1842, M Mañsais, apercibido de los inconvenientes que el empleo del alquitrán acarreaba, desde el doble punto de vista de la solidez y del olor de los aglomerados, ensaya y propone su sustitución por la brea grasa, es decir, por el alquitrán desprovisto de un veinticinco por ciento de materias volátiles.

Posteriormente, la brea grasa fué a su vez reemplazada por la brea seca, obtenida destilando el alquitrán bruto a una temperatura de trescientos grados centígrados, para privarle de todas las materias volátiles que contiene en frío.

El alquitrán bruto, a causa de su estado fluído a la temperatura ordinaria, permite verificar en frío la mezcla y la compresión de la pasta a aglomerar; pero se obtienen así aglomerados blandos que se deshacen al calor y que dan muchos humos al quemarlos. Para evitar este inconveniente, es preciso cometer los aglomerados, después de fabricados, a una verdadera calcinación, con el fin de darles dureza y eliminar los compuesto más volátiles.

Se propuso mezclar el alquitrán a cien grados en un octavo o un décimo, aproximadamente, de su peso de ácido sulfúrico concentrado. Se le introducía en unos moldes o recipientes y se le dejaba enfriar. Este producto servía entonces como aglomerante.

La instalación de los aparatos necesarios para esta operación es muy complicada y costosa; por ello, este sistema, después de utilizarse durante algunos años en varias fábricas, fué abandonado.

La brea es el único aglomerante práctico. Por ello es el universalmente admitido. Este producto, que permite obtener aglomerados de una gran cohesión, posee un poder calorífico elevado. Merced a él, se disminuye la proporción de cenizas que dan muchos menudos de mala calidad se aumenta la combustibilidad del aglomerado y éste resiste bien la acción del calor exterior sin deshacerse.

La brea de buena calidad contiene de un 75 % a un 80 % de carbono y de un 0,25 % a un 0,5 % de cenizas, con una potencia calorífica de unas 8.000 calorías. La adición de un 5 % a un 10 % de brea, aumenta el poder calorífico del combustible a glomerar de un 2 % a un 4 %.

La brea grasa se obtiene del alquitrán calentándolo a 200°, para quitarle de un 20 % a un 25 % de materias volátiles. Una temperatura de 75° a 80° es suficiente para hacer que la brea esté completamente fluida. Los aglomerados preparados con brea grasa son duros y no se

desagregan con el fuego; pero al quemarse dan un humo negro; sin embargo, este inconveniente no tiene importancia en las aplicaciones corrientes. La proporción de brea grasa agregada al carbón, varía entre el siete y el ocho por ciento; debe ser tanto mayor cuanto los carbones sean más magros.

La brea seca procede, como hemos indicado, del alquitrán calentado a trescientos grados aproximadamente, para privarle de materias volátiles en una proporción que oscila entre el treinta y cinco y el cuarenta por ciento. Es el aglomerante más empleado en la actualidad, presentando, sobre el alquitrán, la ventaja de que los aglomerados producidos no necesitan ser calcinados para que adquieran las características que su empleo en el comercio requiere, y, sobre la brea grasa, el que resulta un producto que arde con poco olor y sin humo.

En la mayor parte de las fábricas de aglomerados se utiliza la brea seca, bien pura o bien mezclada con una cierta proporción de alquitrán. Algunas fábricas, disponen de aparatos de destilación de alquitranes, empleando la brea grasa que no se puede transportar más que en cubas o toneles. El empleo de esta brea ofrece ciertas ventajas, puesto que se puede, preparándola, hacer variar la proporción de alquitrán e influir, en cierto grado, sobre la calidad de la brea que resulta, por tanto, más regular.

Para preparar la brea, se calienta el alquitrán, a

fuego desnudo, en grandes calderas de fundición. La destilación dá, antes de los 150°, de un dos a un seis por ciento, del peso del alquitrán, de aceites ligeros, marcando veinticinco grados el aerómetro, lo que representa una densidad de 0,80 a 0,85. De 150° a 200° y hasta 220°, se recoge de un veinte a un veinticinco por ciento de aceites pesados, marcando el aerómetro quince grados, densidad de 0,85 a 0,90. No se debe, quitar al alquitrán más del cinco por ciento de los aceites antracénicos que contiene, si se desea obtener una brea de buena calidad. La brea seca que queda en el fondo de la caldera, que viene a ser un sesenta y cinco por ciento aproximadamente del peso del alquitrán sometido a destilación, se reblandecen a setenta grados y se funden entre noventa y cinco y cien grados. La densidad de esta brea seca es de 1,19.

La brea grasa, o brea fundida, se obtiene deteniendo la destilación del alquitrán antes de que la temperatura sea suficiente para que destilen los aceites antracénicos. Se funde a unos cincuenta grados, y su densidad, un poco superior a la del alquitrán, es de 1,18, siendo la de aquel 1,17.

#### Análisis para la recepción de brea

Cuando no se prepara la brea en la misma fábrica, sino que se compra en el comercio, es necesario proceder a un examen cuidadoso de cada remesa, antes de utilizarla en la fabricación de aglomerados.

gún indicamos anteriormente. En las fábricas de destilación de alquitranes, cuando ésta se ha hecho con exceso y se ha privado a la brea de aceites antracénicos en proporción mayor del cinco por ciento, suelen añadir a la brea una cierta cantidad de aceites pesados, con lo cual el compuesto obtenido, si bien posee la plasticidad y la proporción deseada en materias volátiles, los aglomerados obtenidos resultan sin ninguna cohesión.

La dosificación de la brea puede hacerse por un agotamiento metódico en caliente, con la ayuda de una mezcla de sulfuro de carbono y de eter de petróleo. Con el fin de evitar la aglomeración del producto, se le mezcla con arena seca.

Un medio práctico de apreciar rápidamente, y de un modo suficientemente exacto, la calidad de la brea, es introducir en la boca un trozo de dos o tre milímetros de lado; la brea que es de buena calidad, se aplasta entre los dientes sin fracturarse y presenta una cierta plasticidad, mientras que la brea demasiado seca, se rompe y se hace polvo entre los dientes.

Algunas fábricas, en su pliego de condiciones para la recepción de breas, establecen la división de éstas en tres categorías, según sus puntos de fusión. Para apreciar este punto de fusión, se emplea un trozo de hierro en el cual hay practicadas una serie de cavidades de veinte milímetros de diámetro que se llenan de brea en polvo. Se adapta a ca-



da cavidad una varilla que pesa treinta y cinco gramos, y se calienta el trozo de hierro con una lámpara de petróleo. La temperatura es observada por medio de un termómetro sumergido en mercurio; la fusión se considera completa cuando las varillas alcanzan el fondo de la cavidad en que fueron acopladas.

Se puede también analizar la brea seca finamente pulverizada, calentándola al baño de maría en una pequeña cápsula de laboratorio. Se aprecian los progresos de la fusión introduciendo en la masa unas agujas de hierro; los fenómenos que se observan son los siguientes:

A 40°, permanece en masa.

A 60°, forma una masa fundida en la cual se puede introducir la aguja.

A 70°, se puede estirar en hilos cortos.

A 75°, se estira en hilos de menos de 50 cms. de longitud.

De 80° a 85°, se estira en hilos de más de un metro de longitud.

A 90°, se funde completamente.

Fijados estos puntos, se está en condiciones de conseguir una fabricación racional, puesto que se puede establecer un precio de compra directamente proporcional al poder aglutinante de la brea.

Si se designa por a el tanto por ciento de carburos, o cuerpos aglutinantes, que producen la aglutinación de la brea, por b el tanto por ciento de polvos cristalinos que comunican a la brea su poder de solidificarse a la temperatura ordinaria, por t la temperatura de fusión y por T la temperatura de volatilización, el poder aglutinante de una brea podría expresarse por una fórmula de la siguiente forma:

$$V = K_1 a + K_2 b + K_3 (T + t)$$

en la que  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$  son coeficientes de reducción que es preciso determinar por una serie de experiencias a efectuar con las breas más diversas.

El consumo creciente de brea ha motivado una elevación o alza de su precio que provocó, a su vez, esfuerzos considerables para reducir su empleo en la aglomeración e incluso, se estudió la posibilidad de suprimirla totalmente, en atención a que su presencia en el aglomerado es un factor importante en la producción de humos. Los principales ensayos realizados se hicieron a base de suprimir la brea por calentamiento a alta temperatura o por compresión. Se llegó a producir la aglomeración por simple presión, pero este procedimiento tiene el inconveniente de que excluye el empleo de carbones muy magros.

M Evrard fué el primero que ensayó aglomerar el carbón de hulla en polvo y en frío por medio de simple presión. Los aglomerados que obtuvo, con su máquina de pistón, pre-

sentaban ciertamente una gran solidez y no se dilataban apenas en los hogares donde se quemaban, pero no resistían, sin deshacerse, el transporte.

Otros ensayos no dieron resultados satisfactorios, desde el punto de vista de la solidez del aglomerado obtenido, excepto cuando se empleaba carbón que contuviese gran cantidad de materias volátiles. En este caso, la brea es reemplazada por los productos alquitranosos contenidos en el mismo polvo de carbón empleado.

M. Walter Spring, determinó que empleando una presión de seis mil atmósferas, se podía conseguir que el polvo de hulla adquiriese la cohesión y la dureza de la hulla en roca. Es probable que operando a una temperatura elevada, de unos doscientos grados aproximadamente, se consiguiera una cohesión suficiente sin necesidad de actuar a presiones tan elevadas como las utilizadas por M. Walter Spring.

## AGLOMERACION CON BREA =====

La cohesión, que es la cualidad esencial que debe tener un aglomerado, es consecuencia de varios factores. Depende en primer lugar de la calidad de la brea, de la proporción que de este aglomerante se añada al combustible, y de la presión a que es comprimida la mezcla. Analizaremos sucesivamente la influencia de cada uno de estos factores.

### Influencia de la calidad de la brea

La calidad de la brea empleada es una condición esencial a cumplir para conseguir que el aglomerado obtenido presente una cohesión suficiente. En efecto, la cohesión disminuye inmediatamente en un cincuenta por ciento cuando se emplean breas de mala calidad. De ahí la necesidad de registrar cuidadosa y diariamente la calidad de la brea que se emplea en la fabricación de los aglomerados, para aumentar su proporción, si la calidad disminuye, alcanzándolo frecuentemente este aumento proporciones hasta del uno por ciento.

Este es el principal inconveniente que presenta el empleo de la brea seca, que requiere una vigilancia constante de su calidad si se quiere mantener constante también la

calidad del producto obtenido. Por el contrario, la utilización de la brea fundida presenta la ventaja de que se puede estar absolutamente seguro sobre la calidad de la brea, lo que asegura un funcionamiento regular de la fabricación. Además, empleando brea fundida, se consigue una unión más íntima con el polvo de carbón, lo que representa una economía importante de substancia aglomerante. En efecto, en la mayor parte de las fábricas que funcionan con brea fundida, no se consume más que un cinco por ciento de brea, mientras que la proporción mínima de brea seca a emplear para obtener una cohesión equivalente, tiene que ser superior al seis por ciento.

Sin embargo, todas las fábricas del norte de Francia y de Bélgica, por ejemplo, utilizan la brea seca; fabrican productos de primera clase por su gran cohesión, y no podrían obtener una cohesión suficiente empleando solamente un cinco por ciento de brea fundida, como las del centro de Francia. Por otra parte, esas fábricas, utilizan sobre todo carbones magros o semigrasos, que es necesario mezclarlos con una fuerte proporción de brea para que los aglomerados obtenidos resistan bien al fuego y no se transformen, en el hogar, en pequeños fragmentos que se reducirían a polvo. Para satisfacer a esta condición, es preciso que la proporción de materias volátiles contenidas por el carbón alcance un diez y ocho por ciento. Es necesario, por consiguiente, introducir en la pasta por lo menos un ocho por ciento de brea seca, y la economía que resultaría del empleo de la brea fundida sería muy pequeña. En el comercio son preferidos los

aglomerados preparados con brea seca, porque el alquitrán que se introduce en la mezcla, cuando se utiliza brea fundida, produce muchos humos y ocasiona molestias muy desagradables en los ojos del conductor.

Para conseguir que se más regular la composición de la brea seca, se la funde con alquitrán; los mejores resultados se han obtenido con alquitrán desprovisto de sus aceites ligeros. La fusión se efectúa en una cuba cilíndrica vertical, con una capacidad de seis mil kilogramos y rodeada de una doble envolvente de vapor a la presión de cuatro a cinco kilogramos; esta cuba, que tiene 1,80 metros de diámetro y 4,30 metros de alta, está provista de una hélice de 0,55 metros de diámetro, colocada en su parte central y que es movida mecánicamente. La hélice está recubierta o forrada con el fin de impedir que sea atacada por la brea fundida. Por la acción de la hélice, la materia contenida en la cuba adquiere un movimiento de rotación continuo, y los trozos de brea se funden más rápidamente.

La brea, antes de ser introducida en la caldera, es fraccionada groseramente por medio de una trituradora colocada sobre el árbol de la hélice; una llave en el fondo de la cuba, permite o sirve para su salida. Esta operación dura de seis a ocho horas, para cargas de seis mil kilogramos, siendo necesaria la presencia constante de dos obreros.

La cantidad de alquitrán introducida, suele ser un quince por ciento; sin embargo, se ha ensayado introducir o cantidades mayores y se ha comprobado que no disminuía la

calidad de los aglomerados. El siguiente cuadro sacado de los ensayos realizados por M. Rossigneux, da idea de la influencia que tienen las cantidades de alquitrán añadidas sobre la calidad de las mezclas.

---

|               | Brea<br>seca<br>-- | Brea con<br>9 % de<br>Alquitrán | Brea con<br>17% de<br>alquitrán | Brea con<br>25 % de<br>alquitrán |
|---------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Ductil a....  | 75º                | 70º                             | 50º                             | 40º                              |
| Pastosa a.... | 95º                | 90º                             | 60º                             | 55º                              |
| Líquida a.... | 110º               | 100º                            | 80º                             | 60º                              |

---

Se ha comprobado que los aglomerados fabricados con polvo y con brea seca, presentan una cohesión superior a la del carbón y la brea considerados aisladamente. Así por ejemplo, los aglomerados fabricados con polvo de carbón cuya cohesión varía del veinte al treinta y cinco por ciento, mezclado con un nueve por ciento de brea seca con una cohesión que oscile entre el veintiocho y el vientinueve por ciento, dan corrientemente un cincuenta y ocho de cohesión. Los resultados fueron aún más patentes en los ensayos realizados con carbón inglés de Cardiff o de Newcastle. La explicación es sencilla si se tiene en cuenta que



Por las experiencias realizadas, se ha comprobado que la cohesión es nula mientras la proporción de brea sea inferior al cuatro por ciento. La cohesión, que crece muy despacio a partir de una proporción de brea del nueve por ciento, pasa por un máximo que corresponde al setenta y dos por ciento, para decrecer en seguida y llegar hasta un veintiocho y medio por ciento, que corresponde a la cohesión de la brea pura. En los ensayos realizados en Portes y Sénéchas, se ha demostrado que con cantidades de brea seca superiores al nueve por ciento la cohesión aumenta muy poco.

### Influencia de la presión

La presión ejerce o tiene una gran influencia sobre la calidad de los aglomerados obtenidos. Actúa tanto por su duración como por su intensidad.

Cuando la proporción de agua contenida en los carbones sometidos a la aglomeración es mayor del cuatro o cinco por ciento, constituye un gran inconveniente para obtener una buena compresión.

La proporción de agua que se puede admitir en la pasta, depende del tiempo a que esté sometido el aglomerado a la presión que es capaz de proporcionar la máquina de que se dispone. Con prensas que den una presión relativamente duradera, se puede expulsar fácilmente el agua, lo que se traduce en una proporción de agua admisible en la pasta hasta de un diez por ciento. Sin embargo, algunas

máquinas no funcionan bien y proporcionan malos productos cuando la pasta contiene demasiada agua. La prensa Biatrix por ejemplo, que puede desarrollar casi instantáneamente una presión considerable, dá buenos productos; pero la compresión dura demasiado poco tiempo para que pueda ser expulsada todo el agua. El agua que queda después de la compresión debe, por consiguiente, ser expulsada mediante una desecación enérgica, que complica y encarece la instalación

Por otra parte, se ha reconocido que, aún en las máquinas de compresión brusca, es interesante que la pasta contenga una proporción de agua que varía entre uno y medio y el tres por ciento. En efecto, para que la compresión se realice fácilmente y en buenas condiciones, es necesario que la pasta sea suficientemente plástica. Con pastas secas, se obtienen aglomerados que se rompen fácilmente por su debil cohesión. La presencia de una cierta cantidad de agua, da igualmente por resultado un aumento de la cohesión, en fabricaciones en caliente, del aglomerado al salir del molde. Sin embargo, cuando se comprime demasiado la pasta a una temperatura de noventa grados, se puede quedar aprisionado el vapor de agua, que se expansiona en el momento que el aglomerado sale del molde, produciéndose hinchazones y fracturas.

En resumen, es necesario efectuar cuidadosamente el secado de la pasta para conseguir que contenga el grado de humedad conveniente. La intensidad de la compresión es, además, un factor muy importante, porque la elevación de la

presión favorece la distribución por igual del aglomerante en la masa, la expulsión del aire y del agua, así como la separación perfecta de los granos.

## OTROS AGLOMERANTES

Aunque se ha reconocido que la brea sirve perfectamente para la aglomeración de las partículas de carbón, se han hecho numerosas investigaciones para encontrar otro cuerpo, menos costoso, que favoreciendo igualmente la combustión, no diese ni olor ni humos como la brea.

El cemento más económico, que es también el primer aglomerante que se empleó, es la tierra gredosa. Pero los aglomerados con ella obtenidos no pueden ser utilizados más que para usos domésticos o en ciertas operaciones industriales que, como la cocción de la cal o del yeso, pueden, sin inconveniente, permitir el empleo de combustibles secundarios.

Durante más de medio siglo, la tierra gredosa ha sido el único aglomerante empleado, si bien no proporciona más que productos de muy débil tenacidad, cuya cantidad de cenizas es relativamente considerable. En la actualidad se ha ce aún uso de este aglomerante para preparar bolas que han de quemarse en los hogares domésticos. Los chinos hacen mezclas de arcilla con carbones antracitosos para los usos domésticos. El carbón, mezclado con una cantidad de tierra gredosa que represente la décima parte del peso del carbón, se deslía en agua y da una mezcla que se aglomera y moldea

Empleando la cal, la magnesia o cualquier otra sustancia mineral rica en oxígeno y susceptible de descomponerse a las altas temperaturas de los hogares industriales, se puede disminuir la proporción de humos y se eleva el punto de fusión de las cenizas.

Son numerosas las sustancias que sucesivamente se han empleado, para la fabricación de aglomerados, en las fábricas dedicadas a tal fin. Citaremos entre ellas las siguientes: asfalto, alquitrán de hulla, dextrina, sangre, harinas adulteradas o no, grasas vegetales y animales, sustancias gelatinosas, aceite de pulpa, alumbre, resina, melaza, cocciones mucilaginosas de raíces o de plantas enteras, nitrato potásico, aceite, pulpa de papel, yeso, serrán de madera, silicate sódico, almidón, azufre y jabón, pulpa de madera, gutapercha, arroz adulterado, castañas de indias tratadas con ácido sulfúrico, cola mezclada con petroleo, etc.

Cuando se emplea el almidón de patata, son necesarios tres kilogramos y medio por tonelada de polvo de carbón, añadiendo veintiocho gramos de creosota y cincuenta litro de agua. Cuando el almidón es de harina, la proporción de agua es de noventa y un litros por tonelada de polvo de carbón.

Jonh Piddington fué el primero que utilizó este procedimiento de aglomerar, en el año 1858. Mezclaba dieciseis kilogramos de harina con un oche por ciento de agua por tonelada de aglomerados producido; después, para que no se deshicieran era preciso calentarlos, o bien, añadir una pequeña cantidad de yeso o de brea grasa.

La albúmina vegetal o animal fué poco empleada. Ciertas plantas en estado de descomposición, así como la celulosa, dan aglomerados muy duros, pero tienen el inconveniente de que absorben rápidamente la humedad. Se puede evitar este inconveniente, añadiendo un dos por ciento de brea.

Se han propuesto igualmente como aglomerantes los hongos y líquenes, mezclados con sosa o potasa, la substancia medular de las palmeras y el agar o gelosa del Japón, que se extrae de algas marinas. De las algas marinas se obtiene también el alginato de sosa, que se utiliza tanto para la aglomeración de la turba como del carbón.

Los cuerpos orgánicos enumerados anteriormente, que no agregan al producto materias incombustibles, y que no producen ningún olor ni humos, podrían utilizarse ventajosamente como aglomerantes en los sitios donde la brea resulta muy cara o el clima demasiado cálido. Pero los aglomerados con ellos fabricados requieren un secado artificial y la inmersión en un líquido especial que los haga inalterables a la humedad atmosférica. En resumen, las féculas, las melazas y otras substancias gelatinosas, no sirven para reemplazar a la brea, a no ser que esta tenga un precio muy elevado que haga antieconómico su empleo.

En los países tropicales, los aglomerados hechos con alquitrán resultan pegajosos y se reblandecen. Se ha propuesto el empleo del silicato de sodio (en proporción del 0,75% al 1%), que les comunica cohesión después de una desecación natural durante cinco a ocho días. Se emplea también una

mezcla, en iguales proporciones ponderales, de silicato de sodio y de silicato potásico.

En Francia, se utiliza el silicato de sodio en una proporción de  $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$  de valor igual a 3,6, y se presenta bajo la forma de una solución de 37° Beaume. Se emplea generalmente un 10% del peso de los finos de carbón. Después de conseguida una mezcla homogénea en un mallaxador, se le da forma en la prensa y los aglomerados pasan a un horno, en el cual experimentan una cocción durante treinta minutos a una temperatura que oscila entre doscientos y doscientos ochenta grados centígrados. Es necesario después, impermeabilizar y endurecer estos aglomerados. Para ello, se introducen durante algunos segundos en un hidrosol, al 10% aproximadamente, de cola de hueso, de viscosidad 1,9 aproximadamente adicionada, por ejemplo, en un 1% a 2% (con relación a la cola o a la gelatina seca) de bicromato de sosa o de potasa anhidro. La operación se efectúa a unos 40°.

Se comprueba que el hidrosol penetra en el aglomerado hasta una profundidad de un milímetro aproximadamente, impermeabilizándole y suprimiendo la tendencia que tiene corrientemente a deshacerse.

El mecanismo de la acción impermeabilizante y endurecedora de la cola de hueso, se explica del siguiente modo. El aumento de volumen producido por la hinchazón de la gelatina insolubilizada, hinchazón muy rápida al principio de la inmersión, es el que impide toda penetración ulterior del agua.



También se ha ensayado en Comorn, Hungría, el empleo como aglomerante del bisulfito cálcico, procedente de la fabricación de la pasta mecánica de papel.

La petrífita, que es un producto artificial, ha sido empleada como aglomerante en Inglaterra y en Westfalia. Tiene el inconveniente de necesitar por lo menos un mes para el secado completo de los aglomerados. Los resultados obtenidos no han sido satisfactorios para aconsejar su utilización.

La melaza, que no contiene más que un 10% ~~de~~ cenizas y da por calcinación un cok bastante resistente, puede servir, mezclada con agua, para la fabricación de aglomerados de carbón resistentes al fuego. La dosis de uno y medio por ciento que se preconiza, es muy pequeña para que se obtengan aglomerados de carbón resistentes al fuego y con una cohesión equivalente a la que da la brez. Además, la melaza es un producto muy caro para poder utilizarlo en gran escala.

Los aglomerados preparados con melaza son también muy higroscópicos y es preciso agregarles aceite de lino y secarlos al fuego para que sean resistentes.

El poder aglomerante de las melazas es debido principalmente a la pectina, y también, aunque en menor proporción a los azúcares; por eso, las melazas brutas y las que no han sido tratadas por ósmosis, son buenos aglomerantes.

La oxidación de los alquitranes, verificada en ciertas condiciones, los hace fácilmente combinables con los álcalis y con las sustancias alcalino-terreas, es decir, que

se comportan, en presencia de los álcalis, como verdaderos ácidos grasos y forman jabones.

Se pensó en utilizar los alquitranes, así preparados, para la fabricación de aglomerados de hulla. La brea empleada para la fabricación de los aglomerados actúa por simple reacción física, puesto que, licuada por el calor, es difundida en la pasta merced a la compresión; al enfriarse, recobra su estado sólido, rodean mecánicamente a cada grano de carbón y los une unos con otros. Es, por consiguiente, una pequeña diferencia de temperaturas la que verifica el cambio de estado.

El empleo del alquitrán oxidado no lleva consigo ningún cambio en la forma de proceder con la brea. En lugar de dosificar la brea en trozos sólidos, se dosifica, por medio de una bomba, el alquitrán oxidado que es necesario echar sobre el carbón a aglomerar, después de agregar a este último la cantidad de álcali deseada.

En lo que respecta a ciertos procedimientos empleados para la aglomeración de combustibles menudos, citaremos los aglomerados de carbón obtenidos con nafta como aglomerante o con los residuos pesados de la destilación de la nafta (procedimiento Hennebutte).

Estas sustancias sugren, antes de la fabricación, una preparación especial que les comunica las propiedades necesarias para unir ligeramente, a poco que se presione, la mezcla con la mano, las partes más finas del carbón que se desea aglomerar.

Cuando esta mezcla se comprime en una prensa corriente de molde cerrado, se obtienen aglomerados de una fabricación irreprochable.

Los aglomerados fabricados por este procedimiento tienen de un setenta y cinco a un ochenta por ciento de cohesión. Resultan casi completamente impermeables a causa de su gran cohesión y también parece que la materia que los aglomera es un cuerpo craso.

Su calidad no se altera cuando son expuestos al sol o a la intemperie en general, porque el aglomerante ha sido sometido a una temperatura muy elevada, unos trescientos grados aproximadamente.

Se puede emplear en esta fabricación del nueve al quince por ciento de substancia aglomerante, según la calidad de los aglomerados que se desea producir.

Como complemento del procedimiento Hennebutte se puede citar la idea de la adicción de naftalina en la fabricación de los aglomerados. Esta adicción tiene por objeto disminuir el consumo de brea. Con un 0,2% de naftalina, se puede disminuir en un seis o un cinco por ciento la proporción de brea. Con un 0,3% de naftalina se consigue que la cantidad de brea disminuya en una proporción del seis al cuatro y medio por ciento.

Otro aglomerante de la misma naturaleza cuyo uso o empleo fué propuesto, es el residuo pesado del petróleo, conocido con el nombre de aceite hidroleno, substancia negra

que funde entre ciento sesenta y ciento setenta grados Fahrenheit. Este procedimiento es utilizado principalmente en Pensilvania.

Desde el depósito de alimentación un conducto lleva el aceite, calentado a doscientos grados Fahrenheit, hasta un mezclador de paletas. La mezcla es mantenida caliente, y la consistencia de la masa es aumentada, por medio de una inyección de vapor a intervalos determinados. Es necesario vigilar con mucho cuidado el punto preciso de la mezcla del polvo de carbón con el aceite.

El producto caliente así obtenido, se vierte en un mezclador de platillos giratorio, provisto de pesados cilindros cada uno de once toneladas. El efecto obtenido es una mezcla perfecta de las sustancias, que aumenta considerablemente la cohesión de los aglomerados.

Desde allí, el producto fundido pasa, por medio de un transportador, a la cámara de compresión. Por medio de vapor sobre-calentado se introduce la pasta en la prensa, a una temperatura que oscila entre ciento treinta y ciento treinta y cinco grados Fahrenheit. La presión del aparato varía entre tres mil quinientas y cinco mil libras por pulgada cuadrada. La velocidad periférica varía entre cincuenta y cinco y sesenta pies por minuto.

El procedimiento Conti-Lévy para la fabricación de aglomerados, conocidos con el nombre de aglomerados al magnesio consiste en mezclar en frío el polvo de carbón con dosis determinadas de magnesia y de cloruro magnésico. Se aprisio-

nan los granos de carbón en una red de oxiclорuro de magnesio, cuerpo muy duro que se forma a las veinticuatro horas. En el momento de la combustión, este oxiclорuro de magnesio se descompone en sus elementos. El empleo de este procedimiento aumenta del uno al uno y medio la proporción de cenizas, y en un dos y medio por ciento la de materias volátiles. La cantidad de oxiclорuro de magnesio a emplear es de treinta y cinco kilogramos por tonelada de carbón, trabajando con una presión de doscientos cincuenta kilogramos por centímetro cuadrado. El aglomerado así obtenido arde con llama brillante y sin humos.

Se han hecho ensayos para aglomerar polvo de carbón con polvo de cok procedente de las fábricas de gas, por el efecto combinado del calor y de la presión, pero los resultados obtenidos no fueron satisfactorios.

EXPERIENCIAS DE AGLOMERACION  
=====

## EXPERIENCIAS DE AGLOMERACION

### CARACTERISTICAS DE LOS AGLOMERADOS DE TURBA

El resultado de la media de los análisis efectuados con aglomerados de turba procedente de diversas turberas, se expresa en los siguientes datos:

|                        |         |
|------------------------|---------|
| Humedad .....          | 11,75 % |
| Materias volátiles ... | 56,05 % |
| Cenizas .....          | 2,90 %  |
| Carbono fijo .....     | 27,93 % |

Potencia calorífica ..... 5.202 calorías.

El comprimido o aglomerado de turba, no es untuoso al tacto; presenta una gran cohesión, que le preserva de los inconvenientes de la humedad atmosférica; se enciende fácilmente; arde con llama clara, sin humos, dando, en hogar abierto, un olor balsámico agradable. La combustión puede tener lugar todo lo lenta que se desee, por simple obturación, más o menos pronunciada, del tiro de la chimenea; esa combustión tiene lugar merced a las sustancias volátiles oxigenadas contenidas en la turba. Las cenizas son blanquecinas.

La densidad de los aglomerados de turba es superior a uno.



De las experiencias realizadas en el Laboratorio de Química del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias con la turba empleada para la fabricación de aglomerados de dicho producto, se dedujeron los siguientes resultados.

### 1ª. Destilación.-

(Turba con el 11,75 % de humedad en retorta metálica  
1.500 grms.)

| Lecturas | Tiempo<br>(horas) | Gases<br>(litros) | Condensables<br>(c.c.) | Temperatura<br>(grados) |
|----------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 1        | 0 h. 15           | 0,0               | 0                      | 72                      |
| 2        | 30                | 10,0              | 4 0                    | 180                     |
| 3        | 45                | 15,5              | 140                    | 228                     |
| 4        | 1 h. 00           | 22,5              | 215                    | 270                     |
| 5        | 15                | 39,0              | 285                    | 320                     |
| 6        | 30                | 50,0              | 340                    | 360                     |
| 7        | 45                | 69,5              | 390                    | 360                     |
| 8        | 2 h. 00           | 113,0             | 445                    | 417                     |
| 9        | 15                | 160,0             | 475                    | 480                     |
| 10       | 30                | 174,0             | 480                    | 465                     |
| 11       | 45                | 178,0             | 485                    | 465                     |

Peso del cok obtenido ..... 597 gramos

Rendimiento en cok ..... 39,8 %

### Cok obtenido

Compacto y resistente al tacto, recordando al carbón vegetal.

## Observaciones

Las primeras gotas del condensado aparecen alrededor de los 100°. Buena llama a 360°. Se hacen dos tomas de gases para su análisis a 300° y 320°, con el siguiente resultado:

| <u>Gases</u>        | <u>% a 300°</u> | <u>% a 320°</u> |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| C O <sub>2</sub>    | 32,8            | 61,5            |
| CmHn                | 3,6             | 3,0             |
| O <sub>2</sub>      | 3,8             | 1,0             |
| C O                 | 17,3            | 14,0            |
| H <sub>2</sub>      | 2,6             | 0,0             |
| C H <sub>4</sub>    | 30,6            | 16,6            |
| N <sub>2</sub> etc. | 9,3             | 3,9             |

Potencia calorífica    3.815,78 cal.                    2.097,00 calorías

## 2ª Destilación.-

(Turba con el 11,75 % de humedad en retorta metálica.  
1.500 gramos).

| Lecturas | Tiempo<br>(horas) | Gases<br>(litros) | Condensables<br>(c.c.) | Temperatura<br>(grados) |
|----------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 1.       | 0 h. 15           | 5                 | 0                      | 58                      |
| 2        | 30                | 20                | 50                     | 120                     |
| 3        | 45                | 32                | 145                    | 175                     |
| 4        | 1 h. 00           | 42                | 215                    | 205                     |
| 5        | 15                | 66                | 265                    | 245                     |
| 6        | 30                | "                 | 320                    | 320                     |
| 7        | 45                | "                 | 350                    | 340                     |
| 8        | 2 h. 00           | "                 | 410                    | 420                     |
| 9        | 15                | "                 | 430                    | 445                     |
| 10       | 30                | "                 | 432                    | 464                     |
| 11       | 45                | "                 | 440                    | 464                     |

lográndose los siguientes porcentajes de diversas sustancias:

| <u>Materia</u> | <u>Peso (gramos)</u> | <u>%</u> |
|----------------|----------------------|----------|
| Cok            | 658                  | 43,80    |
| Condensables   | 524                  | 35,00    |
| Alquitrán      | 87                   | 5,80     |
| Gases          | 231                  | 15,40    |

### Observaciones

Se obtiene en esta destilación un cok de las mismas características que en la anterior. Comenzó la destilación a los 96°. Se han tomado, para su análisis, dos muestras de

gases a las temperaturas de 175° y 340°, respectivamente, con los siguientes resultados:

| <u>Gases</u>        | <u>% a 175°</u> | <u>% a 340°</u>   |
|---------------------|-----------------|-------------------|
| C O <sub>2</sub>    | 45,6            | 55,0              |
| CmHn                | 2,0             | 2,5               |
| O <sub>2</sub>      | 2,4             | 0,0               |
| C O                 | 15,0            | 15,0              |
| H <sub>2</sub>      | 0,0             | 2,4               |
| C H <sub>4</sub>    | 1,4             | 24,2              |
| N <sub>2</sub> etc  | 33,6            | 0,9               |
| Potencia calorífica | 915,0 calorías  | 3.007,62 calorías |

### 3ª Destilación.-

(Turba con el 11,75 % de humedad en matraces de vidrio.  
70,35 gramos).

| <u>Lecturas<br/>(Nº)</u> | <u>Tiempo<br/>(horas)</u> | <u>Temperaturas<br/>(grados)</u> |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1                        | 0 h. 15                   | 106,0                            |
| 2                        | 30                        | 108,5                            |
| 3                        | 45                        | 123,0                            |
| 4                        | 1 h. 00                   | 129,0                            |
| 5                        | 15                        | 171,0                            |
| 6                        | 30                        | 228,0                            |
| 7                        | 45                        | 277,0                            |
| 8                        | 2 h. 00                   | 289,0                            |
| 9                        | 15                        | 342,0                            |
| 10                       | 30                        | 367,0                            |
| 11                       | 45                        | 402,0                            |

lográndose los siguientes pesos y porcentajes de diversas  
substancias:

| <u>Materia</u> | <u>Peso(gramos)</u> | <u>%</u> |
|----------------|---------------------|----------|
| Cok            | 27,35               | 38,87    |
| Condensables   | 29,63               | 42,11    |
| Alquitrán      | 4,30                | 6,00     |
| Gases          | 9,07                | 13,02    |

### Observaciones

Se obtiene en esta destilación un cok de las mismas ca-  
racterísticas que las dos anteriores. Comenzó la destila-  
ción a los 95°. Se han tomado para su análisis, dos mues-  
tras de gases a las temperaturas de 171° y 377°, con los  
siguientes resultados:

| <u>Gases</u>        | <u>% a 171°</u> | <u>% a 367°</u> |
|---------------------|-----------------|-----------------|
| C O <sub>2</sub>    | 20,00           | 9,20            |
| CmHn                | 0,00            | 0,00            |
| O <sub>2</sub>      | 16,40           | 18,00           |
| C O                 | 4,00            | 0,00            |
| H <sub>2</sub>      | 0,00            | 4,36            |
| C H <sub>4</sub>    | 0,00            | 0,00            |
| N <sub>2</sub> etc. | 59,60           | 68,44           |

#### 4ª Destilación.-

(turba con el 11,75% de humedad en retorta metálica.  
1.000 gramos).

| Lecturas<br>(Nº) | Tiempo<br>(horas) | Condensables<br>(c.c.) | Temperatura<br>(grados) |
|------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 1                | 0 h. 15           | 0                      | 60                      |
| 2                | 30                | 0                      | 98                      |
| 3                | 45                | 15                     | 112                     |
| 4                | 1 h. 00           | 45                     | 135                     |
| 5                | 15                | 65                     | 145                     |
| 6                | 30                | 95                     | 160                     |
| 7                | 45                | 120                    | 175                     |
| 8                | 2 h. 00           | 145                    | 190                     |
| 9                | 15                | 175                    | 220                     |
| 10               | 30                | 195                    | 230                     |
| 11               | 45                | 200                    | 235                     |
| 12               | 3 h. 00           | 210                    | 273                     |
| 13               | 15                | 230                    | 290                     |
| 14               | 30                | 245                    | 320                     |
| 15               | 45                | 265                    | 350                     |
| 16               | 4 h. 00           | 270                    | 255                     |
| 17               | 15                | 285                    | 375                     |
| 18               | 30                | 290                    | 392                     |
| 19               | 45                | 300                    | 415                     |
| 20               | 5 h. 00           | 306                    | 430                     |
| 21               | 15                | 315                    | 440                     |
| 22               | 30                | 330                    | 455                     |

lográndose los siguientes pesos y porcentajes de diversas  
substancias:



| <u>Materia</u> | <u>Peso(gramos)</u> | <u>Tanto por ciento</u> |
|----------------|---------------------|-------------------------|
| Cok            | 498,0               | 49,80                   |
| Condensables   | 300,8               | 30,08                   |
| Alquitrán      | 40,8                | 4,08                    |
| Gases          | 160,4               | 16,04                   |

### Observaciones

Se obtiene en esta destilación un cok menos formado y más deleznable que en las tres anteriores. Comenzó la destilación a 98°.

Aunque todos los datos que anteceden no nos merecen igual valor relativo, pues con cada operación se ha perseguido la consecución de diversos fines y resultados, venciendo las dificultades de la práctica de este género de destilaciones para deducir consecuencias de completa garantía, hemos preferido consignarlos sin ninguna reserva, sin perjuicio de que ahora atribuyamos a cada cifra su verdadera significación, como resumen de lo que anteriormente queda expuesto.

Podemos atribuir a la turba analizada las características que exponemos a continuación:

| <u>Componentes</u> | <u>Tanto por ciento en peso</u> |
|--------------------|---------------------------------|
| Cok                | 40,84                           |
| Condensables       | 38,55                           |
| Alquitrán          | 5,90                            |
| Gases              | 14,71                           |
| Total .....        | 100,00                          |

debiendo hacer constar que estos resultados se hallan referidos a turba desecada al aire libre.

El análisis de los gases producidos, asignando también a cada determinación el valor que procede, conduce a los siguientes resultados:

| <u>Gases</u>     | <u>Tanto por ciento</u> |
|------------------|-------------------------|
| C O <sub>2</sub> | 48,725                  |
| CmHn             | 2,775                   |
| O <sub>2</sub>   | 1,800                   |
| C O              | 15,325                  |

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| $H_2$             | 1,250          |
| $C H_4$           | 18,200         |
| $N_2$ etc.        | <u>11,925</u>  |
| <b>Total.....</b> | <b>100,000</b> |

gases a los que viene a corresponder una potencia calorífica de 2.570,66 calorías.

Segundo ensayo:

Cantidad de turba (en peso)..... 3 gramos

Cantidad de carbón(en peso)..... 1 "

Presión 1.500 kilogramos por centímetro cuadrado.

Observaciones

Mezclando la turba y el carbón en estas proporciones ponderales, se obtienen aglomerados muy compactos, de gran cohesión, no untuosos al tacto, que se rompen al chocar contra un cuerpo duro desde una altura de un metro.

Potencia calorífica 5.801 calorías.

Tercer ensayo:

Cantidad de turba (en peso) ..... 2 gramos

Cantidad de carbón(en peso) ..... 2     "

Presión 1.500 kilogramos por centímetro cuadrado.

Observaciones

Los aglomerados de turba y carbón, obtenidos según las condiciones anteriores, presentan un aspecto menos homogéneo que los anteriores, algo untuosos al tacto, de menor cohesión y que se rompen por percusión, al chocar contra un cuerpo duro desde un metro de altura.

Potencia calorífica 6.101 calorías.

Cuarto ensayo:

Cantidad de turba (en peso) ..... 1 gramo

Cantidad de carbón (en peso) ..... 3 "

Presión 1.500 kilogramos por centímetro cuadrado.

Observaciones

Al someter la mezcla de turba y carbón, en las condiciones ponderales expresadas más arriba, a la presión indicada, se obtienen unos aglomerados fácilmente pulverizables de muy escasa cohesión y que se deshacen entre los dedos por la simple presión de la mano.

Potencia calorífica 6.400 calorías.

### Quinto ensayo

La presente experiencia consistió en aglomerar el polvo de carbón vegetal, utilizando como aglomerante el silicato sódico (vidrio soluble).

Para ello, se hicieron tres pruebas, variando la proporción de aglomerante, pero observando en cada una de ellas la siguiente marcha general.

Una vez triturado el carbón hasta el grado de polvo fino, se le añade una determinada cantidad de aglomerante, mezclándose ambas substancias hasta conseguir una perfecta homogenización de la mezcla. Una vez lograda ésta, se le da forma en la prensa y se someten los comprimidos obtenidos a la acción del calor, manteniéndoles durante media hora a la temperatura de doscientos cincuenta grados centígrados.

Para conseguir que los aglomerados que salen del horno sean hidrófugos, así como para darles dureza, se les introduce durante algunos segundos en un baño formado por cola de hueso, a la que se agrega bicromato sódico, en una proporción del 1,5 % del peso de la cola o gelatina seca.

Siguiendo esta marcha general, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

#### Primera prueba

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| Cantidad de carbón .....         | 100,00 gramos |
| Cantidad de silicato sódico .... | 3,19 "        |

Esta cantidad de silicato sódico, equivale a un peso de diez gramos de una disolución del mismo de densidad 1,36, o



lo que es igual de una concentración de 38,4 grados Beaume.

### Observaciones

Realizada la mezcla de polvo de carbón vegetal y de vidrio soluble, en las proporciones ponderales antes indicadas resulta esta de un aspecto análogo al del polvo de carbón puro, es decir, desprovista de toda consistencia, lo que hace imposible su moldeado en la prensa, aún empujando presiones del 1.500 kilogramos por centímetro cuadrado.

Sometiendo esta mezcla a la acción del calor, siguiendo la marcha general anteriormente expuesta, se observa en ella un principio de combustión, sin que sus partículas hayan experimentado, al salir del horno, la menor unión o trabazón unas con otras. Esta combustión es lógica, dado que el carbón empieza a arder a unos 200°.

De lo expuesto se deduce que la cantidad de silicato sódico adicionada al polvo de carbón, resulta insuficiente para producir la aglomeración del mismo.

### Segunda prueba

Cantidad de carbón ..... 100 gramos

Cantidad de silicato sódico .. 6,38 "

Esta cantidad de silicato sódico, equivale a un peso de veinte gramos de una disolución del mismo de 1,36, o lo que es igual de una concentración de 38,4 grados Beaume.

### Observaciones

Realizada la mezcla del polvo de carbón vegetal y del

silicato sódico, en las proporciones ponderales indicadas anteriormente, resulta ésta consistente y moldeable fácilmente en la prensa.

Sometiendo los aglomerados que salen de la prensa a la acción del calor, según la marcha general descrita, resultan unos comprimidos untuosos al tacto, de aspecto poroso y sin gran cohesión, que se rompen por percusión. Si se los introduce, durante unos segundos, en el baño de cola de hueso, de las características que hemos consignado en la marcha general, experimentan un principio de desintegración sin que, tampoco, adquieran las características de dureza e impermeabilidad que el fin, a que pudieran ser destinados, requiere.

Resulta, por consiguiente, también insuficiente la cantidad de silicato sódico empleada como aglomerante.

### Tercera prueba

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Cantidad de carbón .....          | 100,00 gramos |
| Cantidad de silicato sódico ..... | 9,57 "        |

Esta cantidad de silicato sódico, equivale a un peso de treinta gramos de una disolución del mismo de densidad 1,36 o lo que es igual, de una concentración de 38,4 grados Beaume.

### Observaciones

Realizada la mezcla del polvo de carbón vegetal y del silicato sódico, en las proporciones ponderales antes indicadas, resulta ésta consistente y fácilmente moldeable en la prensa.

Con los comprimidos obtenidos, al someter a la acción de la prensa la pasta homogénea de carbón y silicato sódico, se siguieron dos tratamientos distintos que exponemos a continuación.

#### a) Tratamiento térmico

Los aglomerados obtenidos al moldear en la prensa la mezcla de polvo de carbón vegetal y de silicato sódico, se trataron según la marcha general que hemos indicado al principio de este capítulo, sometiéndoles a la acción del calor.

Este tratamiento dió por resultado unos aglomerados provistos de una gran cohesión, no untuosos al tacto y de gran resistencia a la ruptura por compresión y percusión.

Estas características, no solamente permanecieron al introducirlos en el baño de cola de hueso y bicromato sódico, sino que adquirieron, además, una gran dureza e impermeabilidad para el agua, como lo demuestra el hecho de que introducidos en agua durante una hora, no experimentaron aumento de volumen ni merma en su cualidades de resistencia, tanto a la compresión como al choque contra un cuerpo duro.

Calcinados en un crisol, su combustión se realiza en condiciones casi análogas a las del carbón puro, ardiendo sin humos ni olores, si bien, la cantidad de cenizas viene aumentada en el peso del silicato sódico añadido al carbón, que ya es sabido no es combustible.

#### b) Secado al aire libre

Una vez moldeada en la prensa la pasta de carbón vege-

tal y de silicato sódico, se siguió con ella un tratamiento especial, que difiere del método general expuesto en que el secado de los aglomerados se realizó al aire libre dejándolos durante veinticuatro horas a la acción del mismo, Transcurridas las cuales se les aplicó el procedimiento de endurecimiento e impermeabilización, mediante el baño de cola de hueso y bicromato sódico,

Los aglomerados que se obtienen después de los tratamientos que acabamos de indicar, presentan las mismas características que los producidos siguiendo el tratamiento térmico reseñado anteriormente, lo que parece indicar que la acción del calor no tiene más finalidad que acelerar el secado natural que se consigue al aire libre, puesto que el vidrio soluble funde a unos  $1.500^{\circ}$ , temperatura muy superior a la que se someten los comprimidos en el tratamiento térmico.

Como resumen de cuanto hemos expuesto, se deduce un resultado francamente positivo utilizando como aglomerante el silicato sódico, en una proporción del nueve por ciento del peso del polvo de carbón vegetal que se desea aglomerar.

Hemos de hacer constar que el escaso tiempo disponible que nos fué concedido para la realización del presente trabajo, nos impidió completar las experiencias realizadas con los datos suficientes para deducir de ellos el carácter práctico que haga aconsejable su empleo, aún prescindiendo del aspecto económico. Pero dado el resultado positivo que hemos encontrado, nos permitimos indicar la conveniencia de que este estudio se continué en forma adecuada, al mismo tiem-

po que se complementa con nuevas experiencias realizadas a base de otras sustancias aglomerantes, en las ue se intuyen propiedades convenientes, pero que la premura de tiempo nos impidió comprobar.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS AGLOMERADOS DE TURBA  
=====



## CONSIDERACIONES SOBRE LOS AGLOMERADOS DE TURBA

De las experiencias realizadas en el laboratorio, necesarias para la ejecución del presente trabajo, y de los resultados con ellas obtenidos, juzgamos que merecen especial consideración los que se refieren a los aglomerados de turba. Este hecho, unido a la total carencia de datos sobre instalaciones para la aglomeración de dicho producto, nos inducen a exponer algunas consideraciones en este sentido. Existen, como es sabido, diversas instalaciones dedicadas a la aglomeración del polvo de carbón, todas ellas similares, al menos en sus características fundamentales, lo que permite o constituye una norma, e incluso supone una base de partida para futuras operaciones que se emprendiesen con el mismo fin; sin embargo, esa falta de datos, a que hemos aludido, sobre lo que a la aglomeración de la turba se refiere, hace necesaria la exposición que pretendemos, si bien a ella no puede atribuirse carácter programático o de norma, como en el caso del carbón, pero si un fin orientador conveniente y útil, y hasta un aliado que venciendo prejuicios inclinase voluntades a dar un paso más en favor del aprovechamiento de nuestra riqueza nacional.



## TECNICA ACTUAL PARA LA DESECACION DE LA TURBA

El interés que presenta la explotación de una turbera es evidente, pero es necesario preocuparse de la desecación de la turba previamente a su utilización en aglomerados, ya que éstos solo pueden contener un máximo del quince al dieciocho por ciento de humedad.

Cuando se han logrado con éxito, desde el punto de vista económico, aglomerados de turba coherentes (resultado obtenido sin la intervención de ningún agente extraño a la aglomeración, es decir, resultado alcanzado con la autoaglomeración), estos aglomerados tienen numerosas aplicaciones tales como: empleo en hogares domésticos, para autogasógenos, preparación del gas de agua que ha de servir de primer paso en las operaciones de síntesis: amoníaco, licor de Fischer, hidrógeno para las reacciones de hidrogenación, etc. etc.

De aquí surge la cuestión fundamental de como puede rebajarse económicamente el contenido en agua de la turba desde el noventa al quince o el dieciocho por ciento para poder proceder en ese estado a un autoaglomeración.

## Procedimiento Robín-Van Roggen

Como es sabido, la turba, en el momento de su extracción, contiene aproximadamente an noventa por ciento de agua, la cual es retenida por una hidrocélulosa, semejante a una gelatina transparente, que se pone de manifiesto coloreando una preparación microscópica con fucsina o con azul de metileno. Esta gelatina engloba los fragmentos de turba y forma un obstáculo que impide la expulsión del agua mediante una acción compresiva. En efecto, la gelatina, transmitiendo en todos sentidos las presiones ejercidas, hace estallar las envoltentes que la contienen. No se ha conseguido, hasta estos últimos años, desecar la turba sin la previa destrucción de esta hidrocélulosa por un tratamiento térmico entre doscientos y doscientos veinte grados (procedimiento Eckemberg), o por un tratamiento físico (procedimiento al carbonato de sosa, procedimiento Madruck). Los procedimientos Eckemberg y al carbonato de sosa, son muy costosos. Se les ha desechado de una forma probablemente definitiva. Queda el procedimiento Madruck, el cual es conocido desde hace unos quince años. Fué perfeccionado en el transcurso de los últimos ocho años por M. Van Rogger y M. Leo Robín, en Baviera, donde se producen regularmente unas cincuenta toneladas de aglomerados de turba por día.

El procedimiento Madruck, es actualmente considerado como el que permite llegar a los mejores resultados económicos, entre los métodos experimentados con vistas a impedir o evitar los largos plazos de tiempo y las condiciones

estacionales inherentes al secado al aire de la turba. Este procedimiento se basa en el principio siguiente: Por la adición a la turba de una substancia extraña finamente dividida, se modifica la naturaleza coloidal de esta turba. Esto es debido a que la tensión superficial del agua, retenida por capilaridad y por el aumento de volumen, al hincharse, de la turba, disminuye a medida que se va adicionando el cuerpo extraño pulverizado. Sometiendo entonces la turba a una acción compresiva, se consigue expulsar una parte del agua que contiene. Para aplicar este procedimiento, se añade a la turba polvo de turba que contenga un treinta por ciento de humedad aproximadamente, y después se somete la mezcla a una acción compresiva.

Por este procedimiento operatorio, se llega a reducir el contenido en agua de la turba desde el noventa al sesenta por ciento, lo que equivale a expulsar los cinco sextos del agua contenida por ella al salir de la turbera.

Cuando la turba no contiene más que un sesenta por ciento de agua, presenta gran analogía con los lignitos sajones y renanos. Como en el caso de éstos, se reduce entonces su contenido en agua desde el sesenta hasta el quince o el dieciocho por ciento, por medio de un secado térmico. En ese momento, se desintegra la pasta de turba para someterla a un cribado, el cual tiene por objeto recuperar el polvo incorporado a la turba en estado bruto. Se termina la operación sometiendo la turba, desprovista de su polvo, a una compresión en prensas de molde abierto, para ob-

tener aglomerados de turba muy coherentes y de la forma comercial requerida.

A primera vista parece paradójico pretender que reduciendo el grado de humedad de la turba desde el noventa al sesenta por ciento, se expulsan los cinco sextos de la cantidad de agua contenida por ésta última. El cálculo elemental que adjuntamos a continuación permite comprender la razón de esta particularidad.

Antes del prensado, cien kilogramos de turba de reciente extracción contienen diez kilogramos de turba seca y noventa kilogramos de agua.

Después del prensado, siguiendo el método Madruck, se obtiene la turba con un sesenta por ciento de agua, es decir, que veinticinco kilogramos de turba prensada contienen diez kilogramos de turba seca y quince kilogramos de agua.

El prensado, efectuado según el método Madruck, ha eliminado, con relación a diez kilogramos de turba seca, setenta y cinco kilogramos de agua, es decir, los cinco sextos de la cantidad de agua contenida en la turba en el estado primitivo.

#### PRENSAS PARA LA DESECACION DE LA TURBA

##### Prensa Madruck

Esta prensa fué instalada por Madruck en Baviera pa-

ra la deshidratación de la mezcla de turba bruta y de polvo de turba. Se compone de cuarenta y ocho moldes, dispuestos radialmente sobre una mesa giratoria, los cuales producen aglomerados que tienen ciento cincuenta milímetros de espesor y setenta y seis centímetros cuadrados de sección horizontal. Esos aglomerados contienen aproximadamente un sesenta por ciento de humedad.

La rotación completa de la mesa que lleva los moldes, dura cinco minutos. Los aglomerados de turba producidos, que tienen un sesenta por ciento de humedad, resultan fácilmente desintegrables. Estos aglomerados pasan a continuación a los secaderos térmicos, para reducir su contenido en agua del sesenta al quince o dieciocho por ciento. La masa es sometida, además, a un cribado para eliminar el polvo de turba que se adicionó. Entre después en unas prensas de molde abierto, donde es sometida a una presión de mil ochocientos atmósferas, dando por resultado unos aglomerados de gran cohesión y muy resistentes a la acción del fuego.

En la práctica, el procedimiento Madruck, cuya instalación más importante se hizo en Seeshaupt (Baviera), capaz de producir cien toneladas de aglomerados de turba diariamente, presenta varios e importantes defectos. El primer inconveniente se refiere al funcionamiento de la prensa, que tiene lugar en forma discontinua. El segundo, no menos importante, es debido a la masa considerable de polvo de turba, que oscila entre el treinta y el cuarenta por cien-



to, que es preciso incorporar a la turba bruta para que esta presente un sesenta por ciento de agua a la salida de la prensa.

En efecto, si a tres toneladas de turba bruta, que con tengan trescientos kilogramos de turba seca, se agregan seiscientos kilogramos de polvo de turba seco, haciendo abs- tracción de cien kilogramos para las necesidades de la fá- brica, en un total de ochocientos kilogramos de turba, eva- luada en el estado seco, no existen más que doscientos ki- logramos que representan la turba utilizable para la fabri- cación de aglomerados. Si se incorpora un cuarenta por cien- to de polvo de turba, equivale a tener en mil doscientos kilogramos de mezcla, solo doscientos kilogramos de turba seca y utilizable.

Este polvo constituye, por consiguiente, un peso muer- to considerable, cuya presencia obliga a aumentar, en for- ma muy costosa, la capacidad de los secaderos y la de todos los aparatos accesorios (norias, correas, etc.) que con e- ellos se relacionan.

Por todas estas razones, la capacidad de producción diaria de la fábrica de Seeshaupt, quedó reducida de cien a cincuenta toneladas.

Con la experiencia adquirida por Van Roggen y Leo Ro- bín en Seeshaupt, principalmente, crearon un tipo de pren- sa continua y encontraron una materia asociativa o de unión que consiste en una tela de algodón montada sobre la pren-

sa, que permite reducir considerablemente la cantidad de polvo de turba que es necesario adicionar a la turba bruta para romper su naturaleza coloidal y, por consiguiente, contribuir a su deshidratación.



Particularidades características del procedimiento Robín Van Roggen (R. V. R.) para la deshidratación de la turba del 90 al 60% (eliminación de los cinco sextos de la cantidad de agua original.)

Este procedimiento requiere en la práctica las particularidades siguientes:

12.- Una instalación de deshidratación de la turba, según las características R. V. R., compuesta esencialmente de tres prensas continuas trabajando en serie bajo presiones que alcanzan, respectivamente, a diez, veinticinco y cincuenta atmósferas. La proporción de polvo de turba, referida en peso a la turba bruta, se eleva al veinte por ciento en las dos primeras prensas y al veinticinco por ciento en la tercera.

Siguiendo el procedimiento R. V. R., entra en las prensas un peso de substancia, apreciado en estado seco de la misma, que representa una con seis veces el peso de los aglomerados obtenidos. Se deben calcular, en consecuencia, las proporciones de los aparatos de transporte y de tratamiento. Este peso es mucho más considerable en el procedimiento Madruck, puesto que el citado peso de substancia seca en circulación, representa hasta siete veces el de la producción de aglomerados.

22.- Entre dos prensas consecutivas hay intercalado un dispositivo desintegrador. En el que precede a la tercera prensa, se incorpora a la turba un cinco por ciento de polvo de turba con un quince por ciento de humedad, pero referido al de la turba bruta.

32.- El espesor de la capa de turba que pasa por las prensas de deshidratación R, V. R. no es más que de veinte a veinticinco milímetros, en lugar de ciento cincuenta milímetros que tiene en la prensa Madruck. Evidentemente, se deshidrata tanto mejor la turba cuanto más delgada sea la capa a tratar.

CARACTERÍSTICAS DE UNA FABRICA PARA EL SECADO Y AUTOAGLOMERACION DE LA TURBA. FUERZA MOTRIZ Y PERSONAL NECESARIOS.

Anteriormente hemos indicado las características esenciales del procedimiento R. V. R. y de los aparatos, así como la relación o dependencia entre las diversas fases que comprende el tratamiento de la turba, necesario para reducir su proporción de agua desde el noventa al sesenta por ciento aproximadamente. Una vez conseguido este resultado, se procede a efectuar las dos operaciones siguientes:

1º.- Secado térmico de la pulpa de turba, desde el sesenta al quince por ciento de agua aproximadamente, que tiene lugar en secadores térmicos, de cualquiera de los tipos empleados en las minas de lignito alemanas, para la preparación de aglomerados tipo "Unión".

2º.- Autoaglomeración de la turba con un quince por ciento de humedad, bajo una presión de mil ochocientas atmósferas, por medio de uno de los modelos de prensas utilizadas en dichas minas, bien para la fabricación de aglomerados "Unión", bien ~~per~~ aglomerados destinados a la semicarbonización. En 1939, esta operación de semicarbonización se efectuaba aproximadamente sobre diez millones de toneladas de esos aglomerados. Se obtuvieron así un millón de toneladas de alquitrán primario, que fueron transformadas en

esencia por hidrogenación.

Por último, la instalación requiere calderas y una central para la producción de vapor y de fuerza motriz respectivamente.

En una fábrica que produzca diariamente cien toneladas de aglomerados, debe existir:

Una caldera capaz de suministrar nueve toneladas de vapor por hora a veinticinco kilogramos.

Una turbina de vapor de mil caballos, funcionando a una contrapresión de un kilogramo y medio, con objeto de poder alimentar los secadores de turba. En estos secadores se consume un máximo de 1,4 kilogramos de vapor a 1,5 atmósferas, por kilogramo de agua a evaporar de la turba.

El personal necesario se compone de tres oficiales y cincuenta y cinco obreros, además de un director y tres oficinistas.

Si la producción se eleva a trescientas toneladas de aglomerados diarias, el personal obrero preciso es entonces: un capataz, tres oficiales y ciento veinte obreros.

En resumen, hoy es posible extraer, deshidratar y aglomerar económicamente la turba. Se recurre para ello al procedimiento Madruck, perfeccionado por M M. Van Roggen y Leo Robín. Este procedimiento es completamente autónomo, puesto que no necesitan ninguna otra materia prima que la turba misma.



Madrid, 12 de diciembre de 1944.-

*J. L. Perillous*

## CONSIDERACIONES FINALES

=====

## CONSIDERACIONES FINALES

=====

Para terminar el presente trabajo haremos unas consideraciones, deducidas unas de su propio contenido, derivadas otras de las condiciones especiales que en nuestro país se reúnen, que justifican no solamente la necesidad de una recopilación ordenada de datos, análoga a la que hemos desarrollado en nuestro estudio, sino que dan una respuesta afirmativa al título que lo encabeza.

La fabricación de aglomerados de carbón vegetal, tal como la hemos enfocado, lleva consigo la explotación de una riqueza que hoy permanece inactiva y muerta, cual es la carbonización de todos los matorrales que cubren gran parte de nuestro suelo forestal. En otro capítulo, hemos expuesto algunas consideraciones sobre aglomerados de turba, que juzgamos suficientes para deducir de ellas la necesidad de aprovechar también esta otra faceta o manifestación de nuestra riqueza nacional.



Vemos, por tanto, que por lo que se refiere a la materia prima a emplear en la aglomeración, no solamente existe posibilidad sino que debe procederse a la fabricación de aglomerados.

En otros capítulos hemos realizado una exposición detallada de las distintas operaciones que la aglomeración lleva consigo, así como de los aparatos que para las mismas se requieren y de las sustancias utilizadas como aglomerantes. De ellas se deduce que tanto unas como otros son perfectamente abordables en España, ratificando, por tanto, el carácter afirmativo que sobre posibilidad de fabricar aglomerados de carbón vegetal hemos indicado en las líneas precedentes.

En la Memoria expositiva indicábamos las dificultades que habíamos de encontrar en nuestra labor. Esas dificultades pueden ser vencidas al realizar nuevos trabajos sin la premura de tiempo que caracterizó al nuestro; sin embargo, cualquiera que sea el resultado que de ellos se obtenga, los que nosotros obtuvimos, aunque no tengan el carácter práctico para su adopción, su interés es innegable y de las consideraciones que hemos hecho se desprende la necesidad de abordar de un modo firme y conveniente la resolución del problema que el aprovechamiento del matorral forestal tiene

planteado desde hace tanto tiempo a nuestra patria.

Madrid 12 de diciembre de 1944

A handwritten signature, likely "J. Lapuerta", is written in dark ink. The signature is enclosed within a hand-drawn rectangular frame that is slightly tilted. The ink is dark and the handwriting is cursive.

## I N D I C E =====

MEMORIA EXPOSITIVA.

UTILIDAD DE LA AGLOMERACION.

PRACTICA DE LA AGLOMERACION.

APARATOS NECESARIOS.

TRITURACION DEL CARBON.

SECADO DEL CARBON.

APARATOS MEZCLADORES.

APARATOS DE COMPRESION.

APARATOS DE TRANSPORTE.

TRANSMISION DE FUERZA MECANICA.

SUBSTANCIAS AGLOMERANTES.

EXPERIENCIAS DE AGLOMERACION.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS AGLOMERADOS DE TURBA.

CONSIDERACIONES FINALES.